

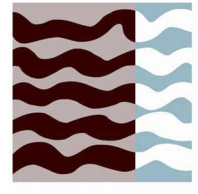


Universidad
Politécnica
de Cartagena



UPCT

Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica



ETSIA

*Grado en Ingeniería Agroalimentaria
y de Sistemas Biológicos*

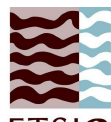
EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN,
CALIDAD DEL SUELO Y FAUNA AUXILIAR
DE CULTIVO DE MELÓN ASOCIADO A LA JUDÍA

Autora: Dña M^a Dolores Garcia Salinas

Dirección: Dr. Raúl Zornoza Belmonte

Codirección: Dra. Josefina Contreras Gallego

Cartagena, junio de 2021



Declaración de Honestidad Académica

La alumna Dña. **M^a Dolores Garcia Salinas**, con DNI **48499130L**,

como autora del TFE de título **EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, CALIDAD DEL SUELO Y FAUNA AUXILIAR DE CULTIVO DE MELÓN ASOCIADO A LA JUDÍA**

dirigido por D. **Raúl Zornoza Belmonte** y Dña. **Josefa Contreras Gallego**

para la obtención del título

- Grado en Ingeniería Agroalimentaria y de Sistemas Biológicos
- Máster Universitario en Ingeniería Agronómica
- Máster Universitario en Técnicas Avanzadas en Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario

DECLARA:

- Que el mencionado TFE es íntegramente de su autoría.
- Que se trata de un trabajo original e inédito en el que no existe plagio.
- Que en todo momento se respeta la propiedad intelectual y en ningún caso se han utilizado como propios resultados ni materiales obtenidos o generados por otros autores.
- Que los resultados y materiales realizados por otros autores han sido debidamente identificados en la memoria.
- Que se ha aplicado al texto íntegro del TFE el control antiplagio que establece la *Normativa de Trabajos Fin de Estudios en la ETSIA*, y acompaña esta declaración de las páginas primera y última del informe obtenido de Turnitin a través de Aul@Virtual.
- Qué los directores del TFE conocen y han dado el visto bueno a los resultados del control antiplagio y, en su caso, han informado en la forma que indica el documento *Política de Calidad y Código de Buenas Prácticas*.

Y para que así conste, firma la presente declaración en,

Cartagena, a 13 de junio de 2021

Fdo. **M^a Dolores Garcia Salinas**

INDICE

TABLAS Y FIGURAS	II
1. MEMORIA JUSTIFICATIVA	4
1.1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.1. Tendencias y evolución de la Política Agraria Europea. La nueva reforma de la PAC.....	4
1.1.2. Nuevas técnicas de cultivo alternativas frente a los sistemas agrícolasconvencionales	9
1.1.3. Beneficios de la diversificación de cultivos mediante asociación con una leguminosa	11
1.1.4. Propuesta de asociación de cultivos melón-judía en la Comarca del Campo de Cartagena.....	12
1.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	21
2. DISEÑO AGRONÓMICO DEL AGROSISTEMA PRODUCTIVO.....	22
2.1. IMPLEMENTACION DEL ENSAYO EN LA FINCA EXPERIMENTAL TOMÁS FERRO.....	22
2.2.-PARÁMETROS DE ESTUDIO DURANTE EL SEGUIMIENTO.....	25
2.2.1. Evaluación de la productividad y calidad de la cosecha	25
2.2.2. Estudio de la incidencia de plagas y biodiversidad de la entomofauna	26
2.2.3. Evaluación de la fertilidad del suelo y el secuestro de carbono	27
3.-RESULTADOS	29
3.1. EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LA COSECHA.....	29
3.2. ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE PLAGAS Y BIODIVERSIDAD DE LA ENTOMOFAUNA.....	31
4. VALORACIÓN ECONÓMICA	39
5.- CONCLUSIONES	43
6.- BIBLIOGRAFIA	46

TABLAS	PAG
Tabla 1. Familias de cultivos con las que realizar las rotaciones de cultivo.	9
Tabla 2. Ejemplos de especificidad rizobio-leguminosa.	12
Tabla 3. Superficie destinada a los principales cultivos hortícolas de regadío en R. Murcia.	12
Tabla 4. Superficie destinada a los principales cultivos hortícolas en la Comarca C. Cartagena.	13
Tabla 5. Taxonomía <i>Cucumis melo</i> L.	13
Tabla 6. Morfología de la planta de melón.	14
Tabla 7. Ciclo productivo del melón.	15
Tabla 8. Recomendaciones necesidades hídricas y abonado durante el ciclo productivo del melón.	16
Tabla 9. Principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo del melón.	17
Tabla 10. Taxonomía <i>Vigna unguiculata</i> L. Walp.	18
Tabla 11. Morfología de la planta de judía.	18
Tabla 12. Ciclo productivo de la judía.	19
Tabla 13. Recomendaciones necesidades hídricas y abonado durante el ciclo productivo de la judía.	20
Tabla 14. Principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de la judía.	20
Tabla 15. Marcos de plantación para monocultivo de melón y judía y asociados 1:1, 2:1 e intercalado melón-judía.	24
Tabla 16. Volúmenes totales de agua y fertilizante aplicado en los diferentes sistemas de cultivo.	25
Tabla 17. Función, nombre comercial y dosis de las materias activas aplicadas durante el ciclo de cultivo.	27
Tabla 18. Tratamientos aplicados durante el ciclo de cultivo en los sistemas de cultivo.	27
Tabla 19. Porcentaje de daños máximo observado en los sistemas de cultivo durante el ciclo productivo	31
Tabla 20. Gastos debidos a la aplicación de prácticas de cultivo mediante sistemas productivos en monocultivo de melón y judía y asociación melón-judía filas 1:1, filas 2:1 e intercalados en la misma fila.	39
Tabla 21. Ingresos obtenidos debido a la comercialización de los cultivos producidos bajo sistemas productivos en monocultivo de melón y judía y asociados melón-judía fila 1:1, fila 2:1 e intercalados en la misma fila.	41
Tabla 22. Beneficios obtenidos de los sistemas de cultivo en monocultivo melón y judía y asociados fila 1:1, fila 2:1 e intercalado en la misma fila	42

FIGURAS	PAG
Figura1. Objetivos específicos y transversal común de la PAC durante el periodo 2021-2027.	6
Figura2. Obligaciones de la Condicionalidad Reforzada en la futura PAC.	7
Figura3. Elementos que componen el Pacto Verde Europeo.	7

Figura 4. Ubicación de la Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA – UPCT en la Comarca Campo de Cartagena.	22
Figura 5. Ubicación de la Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA – UPCT dentro de la pedanía de La Palma (Cartagena).	22
Figura 6. Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA (UPCT)- Ortofoto zona de ensayos.	22
Figura 7. Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA (UPCT)- Ubicación SIPGAC zona de ensayos.	22
Figura 8. Ubicación de cultivos dentro de la zona de ensayos en la Estación Experimental Tomás Ferro -ETSIA (UPCT).	23
Figura 9. Sistemas de cultivo: monocultivo de melón, monocultivo de judía y asociación melón-judía 1:1, 2:1 e intercalado melón-judía.	24
Figura 10. Rendimiento de la cosecha de melón (kg ha ⁻¹)	29
Figura 11. Indicadores de calidad del melón: Número de melones	29
Figura 12. Indicadores de calidad del melón: <u>Peso de cada melon</u>	29
Figura 13. Indicadores de calidad del melón: Grados Brix	29
Figura 14. Rendimiento de la cosecha de caupí (kg ha ⁻¹)	30
Figura 15. Indicadores de calidad de la judía de careta: Peso kernel o peso en gramos de 1000 semillas	30
Figura 16. Indicadores de calidad de la judía de careta: Contenido en proteína de las semillas	30
Figura 17. Relación Equivalente del Terreno (LER)	31
Figura 18. Seguimiento de las poblaciones de trips en los diferentes cultivos	32
Figura 19. Seguimiento de las poblaciones de pulgón en los diferentes cultivos	32
Figura 20. Seguimiento de las poblaciones de mosca blanca en los diferentes cultivos	32
Figura 21. Seguimiento de las poblaciones de mosquito verde en los diferentes cultivos	33
Figura 22. Seguimiento de las poblaciones de <i>Oriusspp.</i> en los diferentes cultivos	34
Figura 23. Seguimiento de las poblaciones de parasitoides en los diferentes cultivos	34
Figura 24. Seguimiento de las poblaciones de míridos en los diferentes cultivos	34
Figura 25. Seguimiento de las poblaciones de coccinélidos (mariquitas) en los diferentes cultivos	35
Figura 26. Seguimiento de las poblaciones de crisopas en los diferentes cultivos	35
Figura 27. Contenido en muestra de suelo de COT (g kg ⁻¹)	36
Figura 28. Contenido en muestra de suelo de Humedad gravimétrica (p/p)	36
Figura 29. Contenido en muestra de suelo de Nitrógeno total (g kg ⁻¹)	36
Figura 30. Contenido en muestra de suelo de NH ₄ ⁺ (mg kg ⁻¹)	37
Figura 31. Contenido en muestra de suelo de NO ₃ ⁻ (mg kg ⁻¹)	37
Figura 32. Contenido en muestra de suelo de fósforo disponible (P-)	38
Figura 33. Contenido en muestra de suelo de potasio intercambiable (K)	38

1. MEMORIA JUSTIFICATIVA

1.1. INTRODUCCIÓN

1.1.1. Tendencias y evolución de la Política Agraria Europea. La nueva reforma de la PAC

La **Política Agraria Común** (PAC) de la Unión Europea se crea en 1962, y desde entonces su gestión y financiación se ha realizado con cargo al presupuesto europeo. Se trata de una política común a todos los Estados miembros, y presenta una serie de peculiaridades que justifican este tipo de gestión comunitaria y la diferencia con otros sectores productivos (1):

- La renta de los trabajadores del sector agrario es inferior a la de otros sectores, a pesar de la necesidad de producir alimentos para la población.

- No existencia de una relación directa e inmediata entre la oferta y demanda.

- Explotaciones agrícolas rentables y gestionadas bajo sistemas sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, preservando el medio y la biodiversidad.

La PAC, desde su origen ha perseguido diferentes objetivos y ha sufrido diversas reformas, procurando adaptar sus políticas a las necesidades de la población (2).

El origen de la PAC surgió tras la Segunda Guerra Mundial debido a que seis naciones (Bélgica, Alemania Occidental, Italia, Francia, Países Bajos y Luxemburgo) establecieron un marco común para gestionar la actividad agrícola con la finalidad de revitalizar las economías europeas. Se estableció una política intervencionista de precios y mercados, orientada a la producción de alimentos a precios asequibles y proporcionando un nivel de vida adecuado a los agricultores.

A partir de los años 80 comienza la segunda etapa consecuencia del elevado gasto agrario de la UE debido a los grandes desequilibrios entre la oferta y la demanda de alimentos, y se produce la primera gran reforma: Reforma de la PAC de 1992 o de McSharry. Los principales cambios se enfocan hacia la prestación de ayudas ligadas a la renta agraria (pago por hectárea y por cabeza de ganado), hasta el momento asociadas a la producción.

La tercera etapa surge a partir de 1999 motivada por diferentes crisis alimentarias como la enfermedad “Encefalopatía Espongiforme Bovina” o la contaminación de grasas y aceites reciclados con dioxinas en la fabricación de piensos para alimentación animal; perspectivas de adhesión de los países de la Europa Central y Oriental (PECO) o la Conferencia de Cork del año 1996 sobre Desarrollo Rural en Europa que dan como consecuencia la Agenda 2000. Aquí se establecen los dos pilares básicos de la PAC: el Primer pilar gestionará las políticas de precios y mercados y de apoyo a la renta, y el Segundo pilar promocionará las políticas ambientales sobre desarrollo rural.

La siguiente reforma se produce en 2003, estableciendo una ayuda única por explotación o Pago Único, independiente de la producción (ayudas desacopladas). En esta etapa aparece el concepto de condicionalidad unido a las ayudas, para contribuir al mantenimiento de los recursos naturales y productivos (3).

En el chequeo médico de 2008 se buscó una gestión más eficiente de los recursos presupuestarios introduciéndose además nuevos desafíos sobre biodiversidad, cambio climático, o la gestión del agua y/o la energía.

Con la Reforma de 2013, se establecen los objetivos para el periodo 2014-2020, manteniendo los dos pilares de la PAC, pero aumentando su vínculo para dar un enfoque más integrado a la política. En este periodo, el Primer pilar recogido en el Reglamento (UE) nº 1307/2013 (4), gestiona los pagos directos a las explotaciones e incluye obligatoriamente un

componente ecológico o “*Greening*” (medidas de diversificación de cultivos, mantenimiento de pastos permanentes y mantenimiento de superficies de interés ecológico) y unas disposiciones relativas a una Condicionalidad de obligado cumplimiento (condiciones agronómicas y ambientales sobre la gestión y mantenimiento del suelo) establecidas por los Estados miembros y normas europeas sobre medio ambiente (5), y en el Segundo pilar recogido en el Reglamento (UE) n° 1305/2013 (6) entre otros, brinda apoyo a las zonas rurales para afrontar los retos económicos, ambientales y sociales del siglo XXI permitiendo la elaboración y gestión de los programas de desarrollo rural a las autoridades nacionales, regionales y locales (7).

Las políticas comunitarias adoptadas para la gestión del sector agrario desde el origen de la PAC, han ido adaptándose a las necesidades de la población en cada momento, cumpliendo con los objetivos de mantener un suministro continuo de alimentos a la vez que se fomenta el desarrollo empresarial del sector agrícola. A pesar de las modificaciones en las políticas realizadas, hay importantes retos que seguir afrontando en nuestros días. Uno de los más importantes es la gestión de los sistemas productivos agrícolas convencionales, de carácter intensivo, que con el objetivo de aumentar los rendimientos productivos por superficie para alimentar a una mayor población ha ido agravando la sostenibilidad de los sistemas agrarios a largo plazo con efectos nocivos sobre el suelo y el medio ambiente. Algunos de los factores que han afectado a la degradación de los suelos agrícolas:

-*Técnica del monocultivo*: caracterizada por una menor diversidad del material genético debido a la selección varietal que se realizó durante la *Revolución Verde* para obtener cultivos de “alto rendimiento” pero con una mayor vulnerabilidad a plagas y enfermedades frente a las variedades tradicionales, primando así la productividad frente a las resistencias naturales (8). Por otro lado, esta técnica ha favorecido la selección de plagas y enfermedades de mayor incidencia en los cultivos incrementando el gasto de insumos de fitosanitarios debido al desarrollo de resistencias, lo que ha ido generando además mayores residuos, contaminando suelos y aguas, además de afectar e incluso causar la muerte de los insectos polinizadores. También se ha visto alterado el equilibrio natural del suelo ya que las raíces exploran una misma profundidad, lo que ha supuesto un agotamiento de nutrientes en estas capas, debiendo compensar con mayores cantidades de fertilizantes químicos para mantener las producciones esperadas. Este hecho ha influido en una reducción de la biodiversidad del suelo por disminución de las poblaciones de microorganismos necesarios para mantener la fertilidad del suelo, adquiriendo con el tiempo más una función de soporte físico que de medio de vida (9).

- La *intensa mecanización* de los suelos: el laboreo afecta a la estructura del suelo debido a las labores preparatorias del terreno, como la roturación y volteado del suelo, que modifican la continuidad porosa y afectan a la relación entre macro y microporos, lo que a su vez influye en una mayor escorrentía superficial. También se aumenta el contenido de oxígeno en el volumen de terreno trabajado favoreciendo la oxidación de la materia orgánica y posterior mineralización, reduciendo su fertilidad; esta oxidación además favorece las emisiones de CO₂ a la atmósfera. Además, las labores realizadas con maquinaria durante el desarrollo de los cultivos y posterior recolección afectan a la compactación del terreno a una misma profundidad, creando una “suela de labor”, disminuyendo la retención de agua, acelerando la saturación del terreno y favoreciendo los fenómenos de escorrentías superficiales. Por otro lado, importantes cantidades de combustible son necesarias para el funcionamiento de la maquinaria agraria durante las labores agrícolas con las consiguientes emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), que unido a las emisiones de CO₂ por oxidación de la materia orgánica del suelo, aceleran el cambio climático (10). A su vez, estas labores rompen estructuras establecidas entre las poblaciones

microbianas del suelo y las plantas, como por ejemplo las micorrizas que favorecen la absorción de P por parte de las raíces de las plantas.

- *Erosión sobre superficies sin vegetación*: Fenómenos de lluvias intensas o vientos ejercen una mayor incidencia sobre estas superficies descubiertas, favoreciendo la pérdida de fertilidad de las capas más superficiales que son las más ricas en nutrientes y las mejor estructuradas (10).

Para afrontar estos y otros retos, la Comisión Europea presenta en junio 2018 las propuestas legislativas sobre la PAC para el periodo 2021-2027 (11). Aunque las medidas del periodo 2014-2020 quedan prorrogadas hasta el 31 de diciembre de 2022 según el Reglamento (UE) 2020/2020 (12) y este periodo transitorio se denomina PAC post 2020 (13). Para este nuevo periodo serán los Estados miembros quienes establecerán prioridades más concretas mediante la elaboración de Planes Estratégicos, aprobados con carácter previo a su aplicación, por parte de la Comisión Europea (14).

Tres son los **objetivos generales** que se perseguirán en la futura PAC (14) para garantizar la seguridad alimentaria, fortalecer el tejido socioeconómico en las zonas rurales e intensificar el cuidado del medio ambiente y el clima. A partir de estos objetivos generales, se desarrollan *nueve objetivos* que a su vez se recogen dentro de los *tres pilares de la sostenibilidad* y que se complementan con un objetivo transversal común, basado en el conocimiento y la transferencia tecnológica (Figura 1).

- Bloque económico: asegurar ingresos justos, incrementar la competitividad y equilibrar el poder de la cadena alimentaria.

-*Bloque medioambiental*: acción contra el cambio climático, protección del medioambiente, conservar el paisaje y la biodiversidad.

-Bloque rural y social: apoyar el relevo generacional, zonas rurales vivas, protección de la calidad de los alimentos y de la salud.

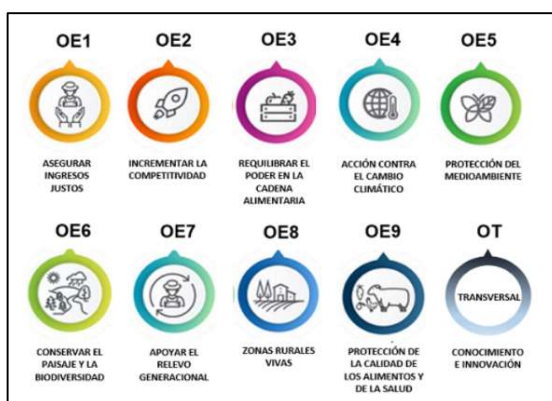


Figura 1. Objetivos específicos y transversal común de la PAC durante el periodo 2021-2027.

Con la finalidad de alcanzar los objetivos medioambientales y climáticos se unificarán técnicas aplicadas en el anterior periodo sobre Condicionalidad (Real Decreto 1078/2014 (15) y elementos del “Greening” (Real Decreto 1075/2014 (16) para cumplir con las Buenas Condiciones Agrarias y Medioambientales (BCAM) establecidas por cada Estado miembro y los Requisitos Legales de Gestión (RLG) que conformarán las obligaciones de la Condicionalidad Reforzada (algunas ya recogidas en el Anexo II del Reglamento (UE) n°1306/2013 (columna de la izquierda), con la incorporación de elementos procedentes del “Greening” y otros nuevos elementos (17)), como puede verse en la Figura 2.

RLG/BCAM – Reglamento PEPAC	Reglamento (UE) n° 1306/2013	
RLG 2: Directiva 91/676/CEE del Consejo, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.	RLG 1	
RLG 3: Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres .	RLG 2	
RLG 4: Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.	RLG 3	
RLG 5: Reglamento (CE) n.º 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria .	RLG 4	
RLG 6: Directiva 96/22/CE del Consejo, de 29 de abril de 1996, por la que se prohíbe utilizar determinadas sustancias de efecto hormonal y tirostático y sustancias β-agonistas en la cría de ganado y se derogan las Directivas 81/602/CEE, 88/146/CEE y 88/299/CEE	RLG 5	
	RLG 6	
	RLG 7	
	RLG 8	
	RLG 9	
RLG 12: Reglamento (CE) n.º 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo.	RLG 10	Nuevos Elementos
RLG 14: Directiva 2008/119/CE del Consejo, de 18 de diciembre de 2008, relativa a las normas mínimas para la protección de terneros .	RLG 11	
RLG 15: Directiva 2008/120/CE del Consejo, de 18 de diciembre de 2008, relativa a las normas mínimas para la protección de cerdos .	RLG 12	
RLG 16: Directiva 98/58/CE del Consejo, de 20 de julio de 1998, relativa a la protección de los animales en las explotaciones ganaderas .	RLG 13	
BCAM 3: Prohibición de quema de rastrojos, excepto por razones fitosanitarias.	BCAM 6	Elementos originarios del Greening
BCAM 4: Creación de franjas de protección en los márgenes de los ríos.	BCAM 1	
BCAM 6: Gestión de la labranza u otras técnicas de cultivo apropiadas para limitar el riesgo de degradación del suelo, teniendo en cuenta la pendiente.	BCAM 5	
BCAM 7: Cobertura mínima de suelo en los periodos y superficies más sensibles.	BCAM 4	
BCAM 9: • Porcentaje mínimo del 5% de la tierra de cultivo de la superficie agrícola de la explotación dedicada a: (i) superficies y elementos no productivos o, (ii) cultivos intermedios o cultivos fijadores de nitrógeno, cultivados sin productos fitosanitarios. Para los Estados miembros que utilizan únicamente zonas y elementos no productivos, el porcentaje mínimo es del 3%. Para los cultivos intermedios se utilizará un factor de ponderación de 0,3. • Mantenimiento de los elementos del paisaje. • Prohibición de cortar setos y árboles durante la época de reproducción y cría de aves. • Opcional, medidas para evitar especies de plantas invasoras.	Greening BCAM 7	RLG 1 - Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, por la que se establece el marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas . RLG 13 – Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco de actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas . BCAM 2 – Mínima protección de humedales y turberas (a más tardar en 2025). BCAM 1 - Mantenimiento de los pastos permanentes basado en una proporción de pastos permanentes con respecto a la superficie agrícola a nivel nacional, regional, subregional, de grupo de explotaciones o de explotación. Esta proporción no disminuirá más del 5% en comparación con el año de referencia 2015 o 2018 según lo determine el Estado Miembro. BCAM 8 - Rotación de cultivos u otras prácticas destinadas a la preservación del potencial del suelo, como la diversificación de cultivos. BCAM 9 • Porcentaje mínimo del 5% de la tierra de cultivo de la superficie agrícola de la explotación dedicada a: (i) superficies y elementos no productivos o, (ii) cultivos intermedios o cultivos fijadores de nitrógeno, cultivados sin productos fitosanitarios. Para los Estados miembros que utilizan únicamente zonas y elementos no productivos, el porcentaje mínima es del 3%. Para los cultivos intermedios se utilizará un factor de ponderación de 0,3. • Mantenimiento de los elementos del paisaje. • Prohibición de cortar setos y árboles durante la época de reproducción y cría de aves. • Opcional, medidas para evitar especies de plantas invasoras. BCAM 10 - Prohibición de convertir o arar los pastos permanentes designados como pastos permanentes medioambientalmente sensibles en los espacios Natura 2000.

Figura 2. Obligaciones de la Condicionalidad Reforzada en la futura PAC.

1.1.1.1. El Pacto Verde Europeo

La degradación del medio ambiente y el cambio climático, agravados por el efecto de las actividades antrópicas de las últimas décadas, están afectando como nunca la sostenibilidad de la vida en el planeta. Para afrontar estos retos Europa requiere de una estrategia de crecimiento diferente, con una economía que gestione eficientemente el uso de los recursos sin dejar de ser competitiva. En este escenario, surge el Pacto Verde Europeo, presentado el 11 de diciembre 2019 por la Comisión (18).

El Pacto Verde establece una *hoja de ruta* para aplicar en los diferentes ámbitos políticos con el objetivo de conseguir una economía sostenible, mediante una transición justa e integradora de los Estados miembros. En esta hoja de ruta del Pacto Verde las dos estrategias que afectan al sector alimentario son la *Estrategia “De la Granja a la Mesa”* y la *Estrategia sobre la “Biodiversidad”* para 2030. La Figura 3 resume los distintos elementos del Pacto Verde, que también se recogen en los Planes Estratégicos de los Estados miembros:



Figura 3. Elementos que componen el Pacto Verde Europeo.

Para el año 2050 la UE persigue el objetivo de ser “climáticamente neutra” proponiendo una Ley Europea del Clima. En este objetivo trabajarán todos los sectores económicos para impulsar una economía limpia y circular, reducir la contaminación y restaurar la biodiversidad.

1.1.1.2. Estrategia “De la Granja a la mesa”

Las políticas de la UE han permitido, suministrar a la población alimentos frescos y saludables de forma ininterrumpida en los mercados europeos, cada vez con un mayor nivel de confianza y seguridad. La Comisión presenta la Estrategia «De la Granja a la Mesa» el 20 de mayo de 2020 (19), como uno de los elementos clave en el marco del Pacto Verde Europeo. Para contribuir a la neutralidad climática establecida para el año 2050 con esta Estrategia se pretende evolucionar hacia un modelo sostenible, reforzando la resiliencia frente a las crisis que puedan sucederse, pero siempre garantizando alimentos disponibles, saludables, económicamente asequibles, y respetuosos con el clima y el medio ambiente, para ofrecer tanto a las generaciones presentes como a las futuras.

Dentro de la Estrategia, se establece un *Plan de Acción con 27 medidas* para adoptar desde 2020 a 2024 y se agrupan a su vez en 6 grupos de medidas:

- Producción de alimentos suficientes, asequibles y nutritivos, sin superar los límites del planeta.
- Producción alimentaria sostenible, con reducciones en el uso de sustancias químicas (plaguicidas, antimicrobianos y fertilizantes) y la promoción de la agricultura ecológica.
- Promoción del consumo de alimentos y dietas saludables más sostenibles.
- Reducciones en la pérdida y el desperdicio de alimento.
- Lucha contra el fraude alimentario en la cadena de suministro.
- Mejora del bienestar de los animales.

Con estas medidas el sistema alimentario de la UE se establece como la piedra angular del Pacto Verde.

1.1.1.3. Estrategia sobre la Biodiversidad

La Estrategia de la UE sobre Biodiversidad para 2030, presentada también el 20 de mayo de 2020 (20), pretende mitigar los efectos del cambio climático mediante la recuperación de bosques, suelos y humedales y la creación de áreas verdes en las ciudades, como medida para la protección y recuperación de la biodiversidad y los ecosistemas, y conseguir reforzar la resiliencia y prevención de enfermedades futuras. Los principales elementos de la Estrategia sobre Biodiversidad establecen:

- Creación de zonas protegidas, al menos el 30% del suelo de Europa y el 30% de los mares de Europa.
- Restablecimiento del flujo libre de los ríos en la UE, al menos 25.000 km.
- Para 2030 plantar 3.000 millones de árboles.
- Restauración de los ecosistemas terrestres y marinos degradados.
- Promoción de la agricultura ecológica y los elementos paisajísticos de gran biodiversidad en las tierras agrícolas.

Ambas estrategias están interrelacionadas, debido a que el objetivo es desarrollar sistemas alimentarios más sostenibles y en equilibrio con la naturaleza y biodiversidad. De esta manera, se establecen unos **objetivos cuantitativos comunes** enfocados hacia el año 2030:

- Reducción del 50 % en el uso y riesgo de los plaguicidas químicos.
- Reducción del 50 % en el uso de los plaguicidas más peligrosos.
- Reducción del uso de fertilizantes, al menos un 20 %.
- Reducción de pérdidas de nutrientes, al menos un 50 %, sin alterar la fertilidad del suelo.
- Sistemas productivos ecológicos en el 25 % de la superficie europea.
- Invertir la tendencia con relación a la disminución de los polinizadores.

1.1.2. Nuevas técnicas de cultivo alternativas frente a los sistemas agrícolas convencionales

Las nuevas propuestas en política agraria de la Comisión al Consejo y al Parlamento Europeo relativas al Pacto Verde Europeo, y especialmente en el marco de la *Estrategia «De la Granja a la Mesa»* y de la *Estrategia sobre Biodiversidad*, tienen como objetivo impulsar un sector agrícola sostenible y competitivo, mediante acciones y compromisos ambiciosos: invertir la tendencia sobre la reducción de la biodiversidad en Europa, convertir los diferentes eslabones de la cadena alimentaria en saludables y sostenibles, garantizar a los agricultores un trato equitativo y un futuro económico estable. De esta manera, conseguir que la agricultura siga manteniendo el lugar que ocupa en la sociedad, y alcanzar unos objetivos más ambiciosos para el medio ambiente y la acción por el clima.

En este marco, se plantean dos retos para la horticultura moderna: un incremento de producción de alimentos en los agroecosistemas por un lado y, de otra parte, y aparentemente contradictorio, la minimización del impacto ambiental negativo debido a los sistemas de producción actuales (21). Y es que el mayor reto de sostenibilidad al que se enfrenta la horticultura es el de encontrar un equilibrio entre ambos (22). El objetivo es evolucionar hacia técnicas de cultivo que permitan desarrollar agroecosistemas en los que se vaya minimizando la dependencia de insumos externos agroquímicos y energéticos y que promuevan las interacciones ecológicas y la sinergia entre los componentes biológicos del suelo fomentando su fertilidad, productividad y la protección del cultivo frente a agentes externos (23), de tal manera que se vayan desarrollando y extendiendo prácticas agroecológicas. En esta línea, en los últimos años se están desarrollando y/o aplicando prácticas como las rotaciones de cultivo, los abonados en verde con restos vegetales, las cubiertas vegetales y/o las asociaciones de cultivos.

1.1.2.1. Rotación de cultivos

Técnica que alterna cultivos con diferentes características agronómicas en una misma superficie durante ciclos sucesivos de cultivo. En la Tabla 1 se identifican las principales familias de hortalizas empleadas en estas rotaciones.

Tabla 1. Familias de cultivos con las que realizar las rotaciones de cultivos.

FAMILIA	NOMBRE COMÚN
CUCURBITÁCEAS	PEPINO, CALABACÍN, CALABAZA, MELÓN, SANDÍA
LEGUMINOSAS	JUDÍA, HABA, GUISANTE
CRUCÍFERAS	BRÓCOLI, COLIFLOR, COL
SOLANÁCEAS	PIMIENTO, TOMATE, BERENJENA, PATATA
COMPUESTAS	LECHUGA, ESCAROLA, ALCACHOFA
UMBELÍFERAS	PEREJIL, HINOJO, APIO, ZANAHORIA
LILIÁCEAS	CEBOLLA, AJO, ESPÁRRAGO, PUERRO
MALVÁCEAS	ALGODÓN

Se optimiza el aprovechamiento de los recursos disponibles debido a la alternancia de especies con características diferentes en relación con la forma, tamaño y/o profundidad de las raíces para permitir un mejor aprovechamiento de agua y nutrientes en los diferentes perfiles del suelo. Este hecho favorece un menor laboreo mecánico del suelo a la vez que reduce las emisiones de GEI. Permite una estructura del suelo más desarrollada y una mayor fertilidad: aumentan las concentraciones de materia orgánica disponible y se favorece el desarrollo de las poblaciones de microorganismos. Debido a la interacción entre los microorganismos del suelo y las raíces de los cultivos fenómenos como la fijación del nitrógeno se ven favorecidos con la introducción de leguminosas (24). Además, se reduce la incidencia de plagas y enfermedades, dado que se interrumpen sus ciclos de vida (25).

1.1.2.2. Abonado en verde mediante restos vegetales

Técnica que consiste en el cultivo de plantas para su posterior incorporación al suelo durante el periodo fenológico de floración debido a que en este periodo el vegetal presenta una elevada biomasa y no se ha producido el desplazamiento de nutrientes hacia las semillas. Se utiliza como un complemento a la nutrición de los cultivos ya sea para fijar nitrógeno libre o para hacer disponibles nutrientes que están inaccesibles a los cultivos, como el fósforo que precipita en suelos básicos, o el potasio retenido entre las arcillas del suelo. Las especies principalmente utilizadas como abonos verdes son leguminosas, crucíferas y gramíneas. En el caso de hortalizas se utilizan en las rotaciones e incluso a veces se solapan con el cultivo principal durante una parte de su ciclo y, en cultivos perennes se aprovechan las calles para su siembra. Por otro lado, ayudan a mantener poblaciones aceptables de hierbas en los cultivos, mediante mecanismos de competición por los recursos o fenómenos de alelopatía negativa por emisión de sustancias tóxicas a través de las raíces o durante la degradación de restos vegetales. Igualmente ayudan en el control de las poblaciones de hongos, nematodos e insectos nocivos del suelo (26).

1.1.2.3. Cubiertas vegetales

Se trata de una técnica económica cuya finalidad es reducir la energía cinética de la lluvia sobre el suelo y reducir el flujo superficial sobre la superficie del terreno. A su vez, la lenta degradación de los vegetales mejora el contenido de materia orgánica favoreciendo la estructura y porosidad del suelo y mejorando las propiedades de infiltración y almacenamiento (27). En este tipo de técnicas se emplean hierbas vivas para mantener el suelo cubierto durante la época lluviosa, segando posteriormente en primavera de tal manera que durante el verano el residuo seco permanezca sobre la superficie del suelo. Las cubiertas pueden ser espontáneas procediendo del banco de semillas del suelo o sembradas con especies como gramíneas o mezcladas con leguminosas, e incluso restos de poda triturados e incorporados al terreno. Los sistemas agrícolas a los que se incorporan restos vegetales funcionan como refugio y proporcionan alimento a la fauna de suelo lo que beneficia a la formación del suelo, a la movilización de nutrientes y al control biológico contra plagas (28).

1.1.2.4. Cultivos asociados o policultivos

Esta estrategia se lleva aplicando en los últimos años y está basada en la asociación de dos o más cultivos simultáneos en una misma área productiva, también denominado *policultivo* (29). Con estas asociaciones se pretende un mejor aprovechamiento de recursos frente al sistema

tradicional del monocultivo, cuyo impacto supone reducciones tanto en las concentraciones de carbono orgánico como en la biodiversidad microbiana e invertebrada, incidiendo en la degradación de los suelos (30, 31). Tiene por finalidad el mejorar tanto la resistencia como la resiliencia del agro-sistema y permitir afrontar problemas como sequías, dificultades en la disponibilidad de nutrientes, mayor incidencia de plagas o enfermedades u otras perturbaciones (32), debido a una complementariedad entre especies y relacionado con el uso de recursos y procesos de facilitación interespecífica (33). Una correcta asociación permite una producción combinada por unidad de área mayor a la del monocultivo (*Land Equivalent Ratio* (LER) o relación equivalente del terreno, y que deberá ser mayor a la unidad (LER) > 1)). Por ejemplo, en la asociación brócoli/lechuga realizada por Demir y Polat (34) obtuvieron una LER 1,2. Yidirim y Guvenc (35) con la asociación lechuga, cebolla, judía y rábano por un lado, y berenjena, judía y lechuga por otro, obtuvieron un resultado similar. Monti et al. (36) también determinaron una mayor relación de LER mediante la asociación cebada-guisante. Además, la limitación de espacio debida a una mayor densidad de plantación ha influido en una menor incidencia de malas hierbas (37). No obstante, se ha visto que no todas las asociaciones son beneficiosas, lo que observaron Coll et al. (38) en la asociación maíz-girasol con una disminución de producción del 20%.

Por otro lado, en ensayos realizados sobre policultivos las poblaciones fitófagos-plaga presentan una menor incidencia que en los de monocultivos (39, 40). La teoría agroecológica sobre cadenas tróficas complejas establece que una mayor diversidad de plantas repercute en una mayor diversidad de herbívoros, y a su vez promueve una mayor diversidad de parásitos y depredadores. Por tanto, a mayor biodiversidad la aplicación de productos químicos o plaguicidas para controlar las plagas será menor (41). Así, por ejemplo, Brennan (42) observó que la asociación brócoli-ajo influyó en una mayor densidad de sírfidos y parasitoides, pero una reducción sobre la incidencia de áfidos. No obstante, los mecanismos que intervienen en cada asociación de cultivos y cómo se establecen las relaciones interespecíficas vegetales y sus posibles patrones de plantación en la biodiversidad de la entomofauna auxiliar aún no son totalmente conocidos.

1.1.3. Beneficios de la diversificación de cultivos mediante asociación con una leguminosa

El nitrógeno es el factor limitante principal en el desarrollo de las plantas, después del agua. Sin embargo, el nitrógeno atmosférico se encuentra en estado inerte y solo se incorpora a los sistemas biológicos cuando es fijado mediante organismos procariontes o se combina con elementos como el hidrógeno o el oxígeno. El proceso básico de fijación de nitrógeno es similar en todos los organismos y se realiza mediante el sistema enzimático de la nitrogenasa (43):



Respecto a la fijación del nitrógeno atmosférico, el tipo de asociación que mayor cantidad de nitrógeno proporciona es la que se establece entre las bacterias del género *Rhizobium* con plantas leguminosas y es de tipo simbiótico (Tabla 2). Se trata de un proceso complejo con mecanismos de señalización y reconocimiento con intercambio de señales moleculares entre ambos simbioses que les permite el reconocimiento mutuo para desencadenar el proceso de infección en las raíces. En este proceso, se producen modificaciones de los pelos radiculares de la planta y las bacterias pasan al interior de la raíz donde se diferencian en bacteroides. Finalmente, en las raíces se desarrollan unas estructuras denominadas nódulos que es donde los bacteroides fijan el nitrógeno atmosférico (44). Estas

estructuras son unos bultitos de tamaños y formas diferentes. Respecto al tamaño, cuanto más grandes son los nódulos su número total disminuye y en relación con las formas que adquieren pueden ser esféricos (judía, soja), elipsoides (trébol), digitados (garbanzo, haba) e incluso algunos envuelven la raíz (altramuz). Una coloración roja o rosada en su interior es indicativa de su actividad, es decir, de que están realizando la fijación del nitrógeno atmosférico (26).

Tabla 2. Ejemplos de especificidad rizobio-leguminosa (44)

ESPECIES DEL GÉNERO RIZOBIO	LEGUMINOSA
<i>Rhizobium leguminosarum phaseoli</i>	Judía
<i>Rhizobium leguminosarum viciae</i>	Haba, guisante, lenteja

Este tipo de asociación está incluida entre las técnicas de diversificación de cultivos. En los últimos años se han realizado estudios que han demostrado una mejora de la fertilidad del suelo por fijación del nitrógeno atmosférico, con incrementos de producción en el cultivo principal.

En la asociación colza-haba, Jamont et al. (45) estimó un acúmulo superior al 20% de N en comparación con el monocultivo de colza. En la asociación cebada-guisante el contenido de N en grano y paja de cebada aumentó un 10% respecto al monocultivo de cebada (36).

Otros beneficios detectados debidos a la asociación con leguminosas son la liberación de exudados radiculares que ayudan a movilizar nutrientes como P o Fe, que favorecen el proceso de facilitación, así observado por ejemplo en el sistema radicular del haba (*Vicia faba* L.) (46) o la disponibilidad de N y otros nutrientes por la incorporación en el suelo de los restos de la leguminosa con la consiguiente reducción de insumos externos (47). En los trabajos de Moreno-Cornejo et al. (48) sobre incorporación de restos de cultivos al terreno se observó una mejora en la biomasa y actividad microbiana del suelo que repercutió en una reducción del 50% referido al uso de fertilizantes minerales y en una mayor calidad del brócoli recolectado. Además, las leguminosas de grano presentan un rendimiento más variable que otros cultivos (49), pero que al asociarse con otra especie presentan un rendimiento más estable según los ensayos de Monti et al. (36) en la asociación guisante-cebada.

1.1.4. Propuesta de asociación de cultivos melón-judía en la Comarca del Campo de Cartagena

Los cultivos hortícolas al aire libre a los que se destinó mayor superficie productiva en la Región de Murcia durante el año 2018 se indican en la Tabla 3 (50):

Tabla 3. Superficie destinada a los principales cultivos hortícolas de regadío en R. Murcia.

IMPORTANCIA	CULTIVO	TOTAL (ha)	PORCENTAJE
1	LECHUGA	12.937	25,16%
2	COLIFLOR-BRÓCOLI	10.846	21,09%
3	ALCACHOFA	5.434	10,57%
4	MELÓN	5.208	10,13%
5	SANDÍA	2.534	4,93%
6	TOMATE	2.416	4,70%
7	PIMIENTO	1.485	2,89%
8	APIO	1.098	2,13%
9	ESPINACA	909	1,77%
	HORTALIZAS	51.429	

En las últimas décadas, en la comarca del Campo de Cartagena se ha desarrollado una de las agriculturas de regadío con mayor rentabilidad tanto a nivel regional como nacional (51). Se trata de una agricultura basada en sistemas de riego localizado, que permiten una optimización en el uso agrícola de agua y fertilizantes. El sistema productivo tradicional en hortalizas consta de rotaciones anuales de cultivos, alternando ciclos de invierno y de verano. Este sistema de cultivo está influenciado por las características climatológicas de tipo mediterráneo árido de la comarca, con inviernos suaves y veranos calurosos, las temperaturas medias anuales oscilan en torno a los 19°C, y las lluvias son de tipo irregular, no alcanzando los 300 mm anuales de media, según la Estadística Agraria de la Región de Murcia para el periodo 2010 a 2019 (52).

Esta comarca es una de las principales productoras de hortalizas de la región con una superficie productiva de más de 21.000ha (53). De entre los cultivos al aire libre en regadío, las mayores superficies están destinadas al cultivo de melón (19%), lechuga (18%) o patata (16%) (Tabla 4).

Tabla 4. Superficie destinada a los principales cultivos hortícolas en la Comarca C. Cartagena.

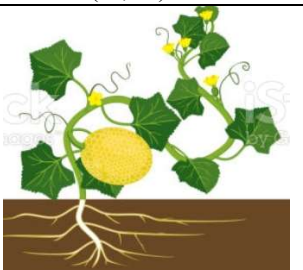
IMPORTANCIA	CULTIVO	TOTAL (ha)	PORCENTAJE
1	MELÓN	3.998	19%
2	LECHUGA	3.863	18%
3	PATATA	3.365	16%
4	ALCACHOFA	2.719	13%
5	COLIFLOR- BRÓCOLI	2.356	11%
6	PIMIENTO	1.346	6%
7	APIO	845	4%
8	ESPINACA	501	2%
9	SANDÍA	294	1%
	HORTALIZAS	21.117	100%

Dado el interés agronómico que la asociación de cultivos mediante leguminosa como sistema de cultivo alternativo a los tradicionales, y valorando los cultivos de mayor interés en la Comarca del Campo de Cartagena, se decide realizar el estudio de asociación eligiendo el melón piel de sapo como cultivo principal y la judía de careta o caupí como leguminosa para el estudio y evaluación de la viabilidad en la asociación melón-judía.

2.1.2.1 Cultivo de melón

En esta comarca durante la campaña de verano 2018 se destinaron aproximadamente 4.000ha al cultivo de melón, de hecho, es un cultivo de los más tradicionales de la zona. El melón (*Cucumis melo* L.) es una planta angiosperma dicotiledónea cuya descripción taxonómica se indica en la Tabla 5:

Tabla 5. Taxonomía *Cucumis melo* L. (53, 54)

REINO	Plantae	
DIVISION	Magnoliophyta	
CLASE	Magnoliopsida	
SUBCLASE	Dilleniidae	
ORDEN	Cucurbitales	
FAMILIA	Cucurbitaceae	
ESPECIE	<i>Cucumis melo</i> L.	

Se trata de una planta anual y herbácea. A continuación, se describen en la Tabla 6 las principales características morfológicas de la planta de melón y en la Tabla 7 su ciclo de cultivo.

Tabla 6. Morfología de la planta de melón (54, 55, 56).

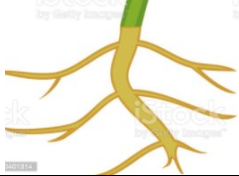



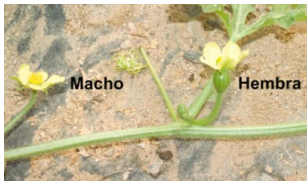





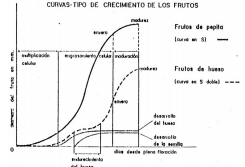

MORFOLOGIA DEL MELON		
ESTRUCTURA	DESCRIPCION	FOTO
Sistema radicular	Abundante y ramificado, raíz principal pivotante que alcanza hasta el metro de profundidad. La mayor parte de las raíces situadas entre los 30 y 40 cm del suelo.	
Tallos (o guías)	Blandos, flexibles y rastreros que alcanzan de 1,5 a 3,5 m de largo, cubiertos por formaciones pilosas; sobre los nudos se desarrollan hojas, flores y zarcillos que le dan el carácter rastrero o trepador.	 
Hojas	Recubiertas de pelos y de tacto áspero; limbo orbicular, aovado, reniforme o pentagonal, y dividido en lóbulos de 3 a 7 con márgenes dentados.	
Flores	Planta monoica, flores solitarias de color amarillo masculinas, femeninas y hermafroditas. Las flores masculinas aparecen en los primeros entrenudos, y las femeninas y hermafroditas en las ramificaciones de segunda y tercera generación.	
Fruto	Baya o pepónide, tipo climatérico, de elevado contenido en agua y azúcar, gran variabilidad genética, por ello existen variedades de frutos diversos en forma (elíptica, esférica, aovada), color (verdosos, amarillentos, crema, anaranjados, blancos), sabor (más o menos dulces) y tamaño (cantalupo o galia con peso comercializable entre 0,7 y 1,3kg frente a piel de sapo de 1,5 a 3kg), con destino a consumo en fresco principalmente.	

Tabla 7. Ciclo productivo del melón (54, 55, 56, 57, 58).

CICLO PRODUCTIVO DELMELÓN		
FASE	DESCRIPCIÓN	CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS
Preparación del terreno	Las parcelas libres de hierbas y restos de cultivo, al menos 4 semanas antes de la plantación. Subsolador para desfonde si el suelo está muy compactado. Arado de vertedera a 30-40cm del suelo. Acaballonamiento de terreno, con distancias entre calles de 1,8-2m. Colocación de mangueras en las líneas de cultivo Extendido de acolchado plástico sobre la zona de producción (efectos en el suelo: aumentar de temperatura reducir la evaporación, modificar el intercambio gaseoso aire-suelo; efectos sobre el fruto: mejora de la calidad al evitar el contacto directo con el suelo).	
Trasplante (piel de sapo)	Material vegetal precedente de productores oficialmente autorizados y que posean pasaporte fitosanitario. Tras 6-7 semanas cuando la planta en semillero presenta dos hojas verdaderas bien formadas y muestra la tercera y la cuarta. Marcos de plantación habituales 2 m x 0,8 m y 2 m x 1,2 m. Densidad 3.500-4.000 plantas/ha. Durante los meses de marzo, abril y mayo.	T ^a >20°C HR 65-75% 
Desarrollo vegetativo	Necesita para su desarrollo temperaturas elevadas tanto en el ambiente como el suelo. Los sistemas de cultivo más habituales: - Forzado bajo invernadero, para las plantaciones más tempranas (febrero a primeros de marzo). - Semiforzado mediante tunelillo (½ marzo a ½ abril). - Aire libre habitual con manta térmica (½ abril a ½ mayo).	T ^a >20°C HR 65-75% 
Floración-cuaje	Polinización tipo entomófila (principales polinizadores las abejas). Normalmente, el polen de la misma planta fecunda las flores femeninas.	T ^a 20-23°C HR 60-70% 
Engorde del fruto	Curva de crecimiento sigmoidea, tiempo de desarrollo del fruto de 40 días tras la fecundación: * primeros quince días: el fruto crece en peso exponencialmente hasta alcanzar la mitad del volumen final, ralentizando el crecimiento hasta adquirir su tamaño definitivo. * últimos 10 días: se produce la maduración del fruto, con cambios de tipo fisicoquímico (incremento de sólidos solubles, degradación de clorofilas desde el endocarpio hasta el mesocarpio).	T ^a 25-30°C HR 55-65% 
Maduración-cosecha	Controles de calidad previos al corte: medida °Brix, dureza de la pulpa, aspecto externo, sensibilidad del fruto al desprendimiento del pedúnculo. Recolección de tipo manual, depositando los frutos en palos de campo para su transporte hasta el almacén. Desde mayo hasta julio. Se inicia a los 75-90 días desde el trasplante. Cuando el fruto está maduro (el contenido de azúcares no aumenta tras el corte).	T ^a >25°C HR 55-65% 

Las exigencias climáticas de este cultivo en relación con la temperatura y la luminosidad son elevadas. Es una planta termófila, su cero vegetativo suele superar los 12°C, requiriendo temperaturas superiores a los 18°C durante el periodo de polinización y durante la maduración el intervalo de temperaturas oscila entre 20 y 30°C (54). Estos factores, temperatura y luz influyen en los procesos de inducción floral y fecundación (días largos y temperaturas elevadas tienen efecto masculinizante mientras que días más cortos y temperaturas más reducidas tienen efecto feminizante), y sobre la velocidad de absorción radicular. La humedad necesaria en este cultivo oscila entre 60-70% (54).

Requiere suelos con pH entre 6 y 7, profundos y bien drenados ya que los encharcamientos provocan asfixia radicular en la planta y promueven el desarrollo de podredumbres sobre los frutos. Tolera la salinidad moderadamente, aunque es muy sensible a carencias nutricionales tanto de microelementos como de macroelementos.

Las explotaciones agrícolas buscan el máximo rendimiento mediante sistemas de cultivo más racionales y eficaces (54). Bajo sistemas de riego localizado se cubren las necesidades hídricas y nutritivas de los cultivos en el Campo de Cartagena. La Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC), una de las más tecnificadas a nivel regional y nacional, gestiona la mayor parte de los recursos hídricos utilizados en esta comarca, provenientes del trasvase Tajo-Segura (122 hm³), la cuenca del Segura (4,2 hm³), de las estaciones depuradoras de aguas residuales o EDARs de la comarca (11,7 hm³) y la desaladora del Mojón (2,2 hm³). Junto a estas dotaciones, otros aprovechamientos secundarios de la comarca como las aguas subterráneas o la reutilización de las aguas urbanas permiten la obtención del agua para riego de las explotaciones (51). En el cultivo del melón al aire libre en la zona del sureste español las necesidades hídricas se establecen en torno a 4.000m³/ha (54).

La técnica de cultivo la fertirrigación, además del aporte de agua permite la nutrición de las plantas en función de su estado fenológico y el ambiente donde se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas o calidad del agua de riego). Las necesidades en macronutrientes NPK habituales se distribuyen en la Tabla 8 según el estado fenológico de la planta (54).

Tabla 8. Recomendaciones necesidades hídricas y abonado durante el ciclo productivo del melón.

ESTADO FENOLÓGICO	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	OBSERVACIONES
Previo a trasplante				Abonado de fondo 170 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ (45). Riego uniforme y abundante.
Nascencia-Aclareo	5	20	5	Importancia del fósforo para forzar el enraizamiento y la aparición de flores. Riegos cortos y poco frecuentes.
Aclareo-Floración inicial	15	50	15	
Floración inicial-Cuajado inicial	15	30	15	Evitar exceso de nitrógeno (evitar un desarrollo vegetativo excesivo). Riegos cortos y regulares (evitar exceso de humedad en el cuello de la raíz).
Cuajado inicial-Engorde de frutos	35		30	Demanda de agua y nutrientes. Riegos uniformes y abundantes.
Engorde de frutos-Maduración	30		35	Reducción de necesidades hídricas y nutricionales. Riegos más espaciados. Importancia del potasio para alcanzar una calidad óptima del fruto. Exceso de nitrógeno aumenta el riesgo de rajado.

Las variedades de melón de mayor importancia en la comarca son galia, amarillo, verde o piel de sapo y cantalupo. De entre éstas, se elige la variedad piel de sapo por ser la más

tradicional, con venta destinada al consumo nacional frente al resto de variedades destinadas a exportación. De hecho, esta variedad se encuentra bajo la Indicación Geográfica Protegida (IGP) *Melón de Torre Pacheco* (59), y recoge a los municipios de Cartagena, La Unión, Fuente Álamo, Los Alcáceres, Torre Pacheco, San Javier, San Pedro del Pinatar y las pedanías del término municipal de Murcia correspondientes a Avileses, Corvera, Gea y Truyols, Baños y Mendigo, Lobosillo, Valladolides, Los Martínez del Puerto y Sucina.

Las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo del melón se indican en la Tabla 9:

Tabla 9. Principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo del melón (54, 57).

PLAGAS		ENFERMEDADES	
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Araña roja	<i>Tetranychus urticae</i> <i>T. turkestanii</i>	Podredumbre blanca	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> <i>Bemisia tabaci</i>	Podredumbres de cuello y/o raíces	<i>Phytophthora capsici</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Fusarium oxysporum</i>
Pulgón	<i>Aphis gossypii</i> <i>Myzus persicae</i>	-Podredumbre blanda	<i>Erwinia carotovora</i>
Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i>	“Cenizo” u oídio	<i>Sphaerotecha fuliginea</i> <i>Podosphaera fusca</i> <i>Golovinomyces cichoracearum</i>
Minador de hoja	<i>Liriomyza trifolii</i>	Nemátodos	<i>Meloidogyne</i> spp
Oruga	<i>Spodoptera exigua</i> <i>Spodoptera litoralis</i> <i>Heliothis</i> sspp. <i>Plusia</i> spp.		


Los parámetros de calidad más importantes en la comercialización del fruto del melón se indican a continuación (54):

- Nivel de azúcar, medido en °Brix sobre la parte media de la pulpa
- Dureza de la pulpa
- Facilidad al desprendimiento del fruto del pedúnculo
- Forma, color y tamaño externo adecuados de la variedad
- Color, grosor, consistencia de la pulpa y distribución de la cavidad interna para la variedad.

2.1.2.2. Cultivo de caupí o judía de careta






La elección de la judía de careta o caupí como leguminosa, se debe a que su ciclo fenológico coincide con el del melón. Además, requiere de temperaturas cálidas para germinar y presenta un mejor desarrollo sobre suelos sueltos, evitando la excesiva humedad. Resiste altas temperaturas y regímenes de lluvia anuales inferiores a 300 mm, aunque es sensible al viento y al frío, factor decisivo sobre el momento de su plantación tras el riesgo de heladas en la zona.

El nombre científico de la judía de careta o caupí es *Vigna unguiculata* L. Walp. Es una planta angiosperma dicotiledónea y su descripción taxonómica se indica en la Tabla 10:

Semillas	Oscilan de 6 a 16 por fruto con forma oblonga, reniforme o subglobosa, de testa lisa y arilo poco desarrollado.	
----------	---	---

Se diferencia de *Phaseolus vulgaris* L. (judía) porque sus flores son más grandes y largamente pedunculadas y las semillas tienen una longitud inferior al centímetro y son de color blanco o blanco-amarillento con una “careta” o mancha negra en uno de los laterales que le da el nombre (61).

Tabla 12. Ciclo productivo de la judía (64, 65, 66, 67).

CICLO PRODUCTIVO DE LA JUDIA		
FASE	DESCRIPCIÓN	CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS
Preparación del terreno	Las parcelas libres de hierbas y restos de cultivo al menos 4 semanas antes de la plantación. Subsolador para desfonde si el suelo está muy compactado. Arado de vertedera a 30-40 cm del suelo. Acaballonamiento de terreno, con distancias entre calles de 60-75 cm. Colocación de mangueras en las líneas de cultivo. Extendido de acolchado plástico sobre la zona de producción (aumentar de temperatura y disminuir la evaporación del suelo, modificar el intercambio gaseoso aire-suelo o mejorar la calidad del fruto evitando el contacto directo con el suelo).	
Siembra	De tipo directa. Material vegetal precedente de productores oficialmente autorizados y que posean pasaporte fitosanitario. Dos tipos de judía: Mata baja: lineales espaciados 40-50 cm entre filas y una distancia por fila de 30-40 cm entre hoyos; en cada hoyo se siembran 4 o 5 semillas a una profundidad de 2-3 cm. Mata de enrame: lineales espaciados 60-75 cm entre filas y una distancia por fila de 30-40 cm entre hoyos; en cada hoyo se siembran 4 o 5 semillas a una profundidad de 2-3 cm.	T ^a >15-25°C HR 60-65% 
Desarrollo vegetativo	Las judías de mata baja no necesitan poda ni tutores. Las judías de enrame se tutoran y se pinzan las ramas laterales por el 3º ó 4º nudo y se eliminan algunas hojas para una mejor aireación.	T ^a 18-30°C HR 65-75% 
Polinización y fecundación	Polinización principalmente autógama, es decir, la maduración de androceo y gineceo es simultánea permitiendo que el polen se deposite en el estigma de la propia flor y se produzca la fecundación. Con temperaturas superiores a 30°C se produce aborto de flores.	T ^a 15-25°C HR 65-75% 
Fructificación	A los 10-12 días tras la floración aparecen las legumbres embrionales. Con temperaturas superiores a 30°C aparecen deformaciones en las vainas.	T ^a 18-30°C HR 65-75%
Recolección	De tipo manual, comienza a los 2 o 3 meses desde su siembra. Variedades de porte bajo: duración de 50 a 90 días. Variedades de enrame: duración de 65 a 95 días.	T ^a 18-30°C HR 65-75% 

La judía se desarrolla bien en casi todos los tipos de suelos, aunque prefiere suelos ligeros, de textura limosa, ricos en materia orgánica y con buen drenaje, con unos valores de pH entre 6 y 7,5. Por el contrario, en suelos arcillosos y muy salinos vegeta deficientemente; en suelos calizos aparecen problemas de clorosis, achaparramiento y se produce el embastecimiento de frutos (judías con hebra). También es sensible a encharcamientos (65).

En el cultivo de la judía, las necesidades hídricas se establecen en torno a 3.800 m³/ha (66). Los principales aportes minerales son K y P, pero las necesidades de N son menores debido a la asociación de tipo simbiótico que establecen sus raíces con rizobios mediante la formación de nódulos que les permiten fijar el nitrógeno atmosférico (64). Las recomendaciones hídricas y nutricionales se indican en la Tabla 13.

Tabla 13. Recomendaciones necesidades hídricas y abonado durante el ciclo productivo de la judía (65, 67).

ESTADO FENOLÓGICO	RECOMENDACIONES HÍDRICAS Y NUTRICIONALES
Previo a trasplante	Abonado de fondo 170 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹ (45). Riego uniforme y abundante (humedad constante)
Germinación-Nascencia	Mantiene una humedad baja y constante (primeros días sin riego) Abonado bajo en nitrógeno
Floración-Cuajado	Bajo abonado nitrogenado (evitar un desarrollo vegetativo excesivo) Importancia del riego y abonado (desequilibrios influyen sobre la floración y producción)
Desarrollo vaina-Recolección	Importancia del nitrógeno y del agua para alcanzar una calidad óptima.

Las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de la judía se indican en la a continuación (Tabla 14):

Tabla 14. Principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de la judía (65)

PLAGAS		ENFERMEDADES	
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Araña roja	<i>Tetranychus urticae</i> <i>T. turkestanii</i>	Podredumbre blanca	<i>Sclerotinia clerotiorum</i>
Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	Podredumbres de cuello y/o raíces	<i>Phytophthora</i> spp.
	<i>Bemisia tabaci</i>		<i>Pythium</i> sp.
			<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Fusarium solani</i>
Pulgón	<i>Aphis gossypii</i> <i>Myzus persicae</i>	Roya común de la judía	<i>Uromyces sphaeoli</i>
Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i>	-Podredumbre blanda	<i>Erwinia carotovora</i>
Minador de hoja	<i>Liriomyza trifolii</i>	Quema bacteriana de la judía	<i>Xanthomonas campestris Phaseoli</i>
Oruga	<i>Spodoptera exigua</i>	"Cenizo" u oidio	<i>Sphaerotheca fuliginea</i>
	<i>Spodoptera litoralis</i>		
	<i>Heliothis</i> spp.		
Mosquito verde	<i>Empoasca</i> spp.		

Los parámetros de calidad para la comercialización de las vainas de judía se indican a continuación (66):

- Vainas uniformes, rectas, de coloración verde intenso, piel brillante, sin estrías y sin manchas. Se parten con facilidad al doblarlas ya que son quebradizas, y la zona partida esté húmeda y jugosa. Si se recolecta la vaina pasada la madurez comercial se forman fibras y hebras que deprecian la calidad.
- Semillas poco desarrolladas (no se identifican dentro de la vaina).
- Porcentaje en proteína de las semillas, dado que son las leguminosas son consideradas la principal fuente de proteína vegetal, oscilando su aporte entre el 19-36% (68).

1.2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Este trabajo fin de grado tiene como **objetivo principal** la realización de una evaluación de la viabilidad técnica y económica de la *asociación de dos cultivos* hortícolas: el melón (*Cucumis melo* L.) como cultivo principal, junto a una leguminosa como es la judía de careta o caupí (*Vigna unguiculata* L.) durante un ciclo de cultivo y bajo prácticas de agricultura ecológica. Se pretende conocer la respuesta del agro-sistema buscando mejorar la productividad, al mismo tiempo que se aplican unos insumos externos menores (reducción en un 30% del uso de fertilizantes en la asociación) con la finalidad de mejorar la salud ambiental del sistema agrario, favoreciendo una mayor resistencia y resiliencia a las perturbaciones de los servicios ecosistémicos (biodiversidad, calidad y fertilidad de suelo y secuestro de carbono) y una reducción en la incidencia de plagas. En este sentido, el **proyecto persigue** la integración de objetivos agronómicos, productivos y medioambientales de conservación para una producción sostenible, en la línea que promueven las nuevas *Estrategias de la Granja a la Mesa y de Biodiversidad*, el *Pacto por el Clima*, los *Objetivos del bloque medioambiental* y las obligaciones sobre *Condicionalidad reforzada* de la **nueva reforma de la PAC**.

Los **objetivos específicos** perseguidos se centrarán en la evaluación del efecto de la asociación melón-judía, valorando:

- A. Producción del sistema de cultivo y calidad de las cosechas.
- B. Incidencia de plagas y enfermedades y biodiversidad de insectos auxiliares (enemigos naturales de plagas).
- C. Fertilidad del suelo y secuestro de carbono en el suelo.
- D. Viabilidad económica de la asociación de cultivos.

2. DISEÑO AGRONÓMICO DEL AGROSISTEMA PRODUCTIVO

2.1. IMPLEMENTACION DEL ENSAYO EN LA FINCA EXPERIMENTAL TOMÁS FERRO

En la pedanía cartagenera de La Palma, ubicada en la Comarca del Campo de Cartagena, se encuentra la Estación Experimental Agroalimentaria “Finca Tomás Ferro”, perteneciente a la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica de la Universidad Politécnica de Cartagena (69). En esta finca experimental se ha llevado a cabo el trabajo fin de grado (Figuras 4 y 5).



Figura4. Ubicación de la Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA – UPCT en la Comarca Campo de Cartagena

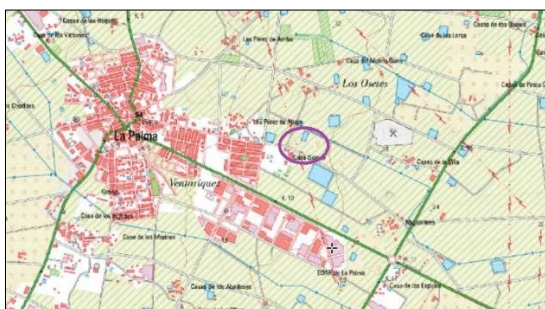


Figura5. Ubicación de la Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA – UPCT dentro de la pedanía de La Palma (Cartagena)

La zona de ensayos ocupa una superficie de 11.614 m² aprox., y se ubica en la parcela SIGPAC 30-16-0-0-505-356 y referencia catastral 51016A505003560000PL (Figuras 6 y 7).



Figura6. Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA (UPCT)- Ortofoto zona de ensayos (70)

sistema de identificación de parcelas agrícolas								
La siguiente información es la vigente en SigPac a fecha 04/01/2021.								
Fecha de vuelo: 06/2019		Fecha de la cartografía catastral (1): 10/3/2020						
Provincia	Municipio	Agropardo	Zona	Polígono	Parcela	Superficie (ha)	Referencia Catastral	
30 - MURCIA	16 - CARTAGENA	0	0	505	356	11,6145	51016A505003560000PL	
Admisibilidad en pastos								
Recinto	Superficie (ha)	Porcentaje (%)	Uso	(%)	(ha)	Coef. Regadío	Incidencias	Región
1	7,3219	1,40	TA			100		0401 (2)
2	2,5940	1,40	TA			100		1201 (2)
3	1,0284	1,00	FY			100		1002 (2)
4	0,4257	4,40	AG					
5	0,2445	1,20	IM					

Figura7. Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA (UPCT)- Ubicación SIGPAC zona de ensayos (70)

En el recinto 2 de esta parcela se ubicaron los monocultivos, ocupando una superficie de 1.200m² y en el recinto 1 los cultivos asociados con una superficie de ocupación de 1.400m², separados por una distancia de 200 m aprox. (Figura8).



Figura8. Ubicación de cultivos dentro de la zona de ensayos en la Estación Experimental Tomás Ferro – ETSIA (UPCT)

El trabajo se realizó durante la campaña 2019 bajo prácticas de agricultura ecológica y comparando diferentes sistemas de cultivo: monocultivo de melón, el monocultivo de judía y las asociaciones de cultivo melón-judía en filas 1:1, 2:1 e intercalado en la misma fila de cultivo. Cada sistema ocupó una superficie de 10 m x 15 m y se realizaron tres repeticiones por sistema. Para evaluar el efecto de la asociación sobre las poblaciones de insectos e incidencia de plagas, y evitar interferencias por cercanía, los monocultivos se instalaron distanciados 200m aprox. de los cultivos asociados.

Respecto a las labores preparatorias, en el monocultivo se simuló la práctica habitual de la región con un arado hasta 30-40 cm de profundidad, mientras que en los sistemas asociados se realiza hasta 15-20 cm. En todos los sistemas se realizó un abonado de fondo, mediante compost a una dosis de 170 kg N ha⁻¹ año⁻¹ según RD 261/1996 (71). Posteriormente se llevaron a cabo labores de nivelación de terreno mediante rotovator, acaballonamiento con distancias entre calles de 1 y 2 m en función del sistema de cultivo, colocación de mangueras en las líneas de cultivo y el extendido de un acolchado plástico sobre la zona de producción con la finalidad de reducir la evaporación, especialmente en las primeras etapas del cultivo, reducir la incidencia de adventicias y mejorar la calidad del fruto durante su desarrollo.

En mayo (7/5/2019) se realizó tanto el trasplante del melón variedad piel de sapo (plántulas de melón con dos hojas verdaderas bien formadas y muestra de la tercera y la cuarta) como la siembra de las semillas de la judía de careta (tres semillas de judía por hoyo), estableciendo los sistemas de cultivo de la siguiente manera (Figura 9):

* Monocultivo de melón: distancia entre filas de 200 cm y separación de plantas de 120 cm en la misma fila.

* Monocultivo de judía: la distancia entre filas de 100 cm y separación entre hoyos de 20 cm en la misma fila.

* Cultivo asociado melón-judía filas 1:1: alternando una fila de melón y otra de judía, con la separación entre plantas en la misma fila descritas en ambos monocultivos.

* Cultivo asociado melón-judía filas 2:1, alternando dos filas de melón y una de judía, con la distancia entre plantas en la misma fila descritas en ambos monocultivos.

* Cultivo asociado melón-judía intercalados en la misma fila de cultivo: patrón de monocultivo de melón, pero en cada fila se sembraron las semillas de judía intercaladas entre las plantas de melón.

Dado que se trató de una plantación tardía, no se colocó manta térmica en las primeras etapas del cultivo.

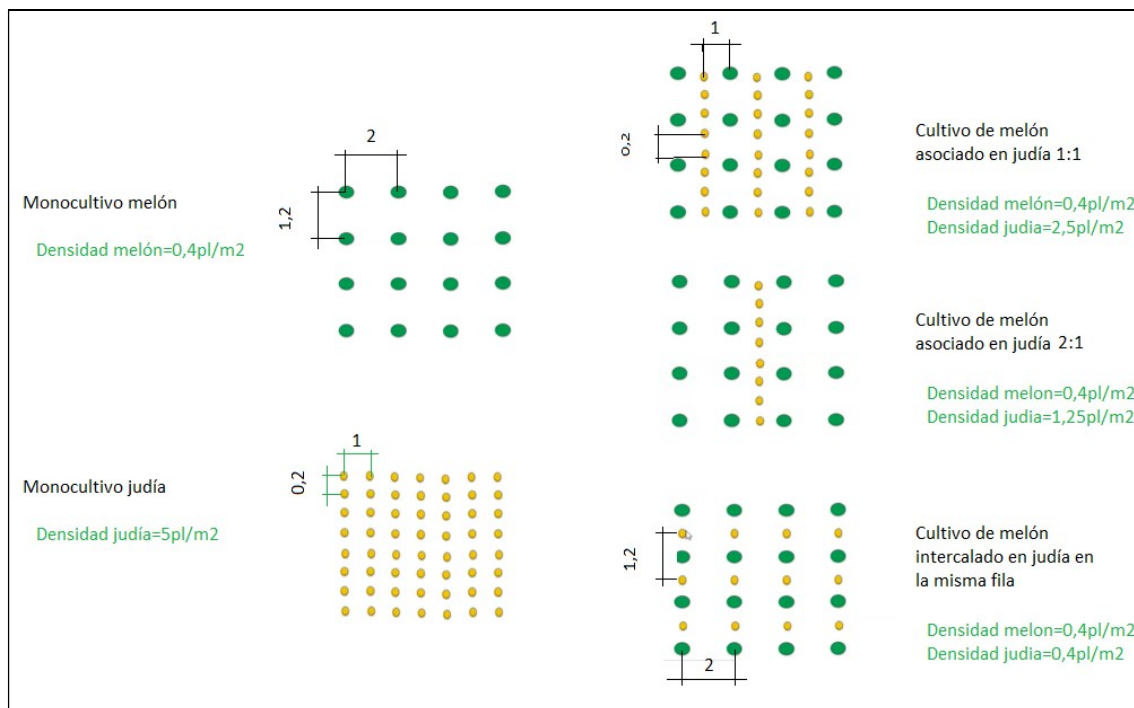


Figura 9. Sistemas de cultivo: monocultivo de melón, monocultivo de judía y asociados melón-judía filas 1:1, filas 2:1 e intercalados en la misma fila.

En la Tabla 15 se indican los marcos de plantación para cada sistema de cultivo:

Tabla 15. Marcos de plantación para monocultivo de melón y judía y asociados melón-judía filas 1:1, filas 2:1 e intercalados en la misma fila.

SISTEMAS DE CULTIVO	Distancia entre filas (m)	Distancia entre plantas por fila (m)	Densidad (pl/ha)	Densidad (pl/m ²)
Monocultivo melón	2	1,2	4000	0,40
Monocultivo judía	1	0,2	50000	5,00
Filas 1:1, filas 2:1, intercalado (melón)	2	1,2	4000	0,40
Filas 1:1 (judía)	2	0,2	25000	2,50
Filas 2:1 (judía)	4	0,2	12500	1,25
Intercalado (judía)	2	1,2	4000	0,40

Bajo un sistema de riego localizado, utilizado por la optimización en la gestión de agua y nutrientes para la planta, mano de obra y labores culturales (56), se realizaron los ensayos del proyecto. En esta campaña 2019, la implantación de los cultivos se realizó en la semana 19 con la siembra-plantación y permanecieron en el terreno hasta las semanas 30 a 32 de recolección.

Para cubrir las necesidades hídricas y nutricionales de los sistemas de cultivo, se aplicaron los fertilizantes Norgan (3-0-7) y Zen (5-4-0) mediante fertirrigación. Se comenzó a las dos semanas tras la siembra-plantación y hasta la época de cosecha, fueron distribuidos con una periodicidad de 3-4 riegos semanales. En el sistema asociado, se redujo la fertilización en

un 30% a partir de la mitad del ciclo de cultivo correspondiendo aproximadamente con la etapa fenológica de la floración, momento en el cual los nódulos de la leguminosa deben de estar desarrollados y haber comenzado a ser funcionales en la fijación de nitrógeno, esperando así comprobar el ahorro en el uso de fertilizantes químicos. Los volúmenes de agua y fertilizantes totales aplicados se indican en la Tabla 16:

Tablab16. Volúmenes totales de agua y fertilizante aplicado en los diferentes sistemas de cultivo.

PARÁMETROS	MONOCULTIVO MELÓN	MONOCULTIVO JUDÍA	ASOCIACION MELÓN-JUDÍA 1:1	ASOCIACION MELÓN-JUDÍA 1:2	ASOCIACION MELÓN-JUDÍA
					(mis ma fila)
Volumen agua (m ³ /ha)	3.100	3.100	3.100	3.100	3.100
Fertilizante NORGAN (L/ha) (3-0-7)	3.125	2.031	2.222	2.222	2.222
Fertilizante ZEN (L/ha) (5-4-0)	312	156	231	231	231

La cosecha de melón se realizó en julio (del 24 al 31 de julio) y la de judía en agosto (4 y 5 de agosto). Se comprobarán las diferencias en la producción y calidad de la cosecha y estado del suelo entre monocultivos y cultivos asociados.

Finalmente, en el monocultivo se realizó la siega de la planta de melón, mientras que en el monocultivo de judía y en el sistema asociado los restos vegetales se incorporaron directamente en el terreno como abono verde.

2.2.-PARÁMETROS DE ESTUDIO DURANTE EL SEGUIMIENTO

2.2.1. Evaluación de la productividad y calidad de la cosecha

A. Muestreos realizados:

Una vez alcanzada la época de cosecha, se recolectaron todos los frutos de melón y las vainas de judía y se separaron e identificaron por sistema de cultivo y repetición.

B. Parámetros medidos:

1.-Rendimiento de la cosecha (kg ha⁻¹): mediante pesaje de todos los frutos de melón y las vainas de la judía de careta.

$$Rdto (kg ha^{-1}) = \frac{\sum_{i=1}^n P_{melon}}{S}$$

$$Rdto (kg ha^{-1}) = \frac{\sum_{i=1}^n P_{vainas}}{S}$$

2.-Relación Equivalente del Terreno (LER): indicador utilizado para evaluar el efecto debido a la presencia de la leguminosa en el cultivo adyacente de melón y productividad global del sistema agrario.

$$LER = \frac{(Rendimiento\ melón\ en\ asociación)}{(Rendimiento\ melón\ en\ monocultivo)} + \frac{(Rendimiento\ judía\ en\ asociación)}{(Rendimiento\ judía\ en\ monocultivo)} > 1$$

Para que el sistema sea eficiente y sostenible la relación debe de ser mayor a 1. Si la relación fuera inferior, indicaría que la competencia entre cultivos es muy alta y la asociación reduce la producción, debiendo entonces descartarla.

3.-Indicadores de calidad del melón:

3.1 Número de melones (N_i) y peso medio del melón, calculado por el peso individual de cada melón (P_i).

3.2 Grados Brix: medido en 30 melones elegidos al azar en cada parcela para conocer el porcentaje de sacarosa disuelta en el zumo de melón, determinado mediante refractómetro manual.

4.- Indicadores de calidad de la judía de careta:

4.1 Peso kernel o peso en gramos de 1000 semillas.

4.2 Contenido en proteína de las semillas (%), mediante un analizador elemental se mide el nitrógeno total de las semillas e indirectamente se obtiene el porcentaje de proteína que contiene mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Proteína(\%)} = N_{\text{total(\%)}} * 6,25$$

2.2.2. Estudio de la incidencia de plagas y biodiversidad de la entomofauna

A. Muestreos realizados:

Las parcelas se monitorearon semanalmente para detectar las diferentes plagas y enfermedades.

Por una parte, caminando por las líneas, se eligieron al azar 10 o 20 plantas en función de la superficie de las parcelas. Estas plantas fueron observadas con atención en busca de plagas, enfermedades y enemigos naturales.

Se apuntó el número de brotes afectados por pulgón en una superficie de aproximadamente 1 m² del follaje de la planta. También el número de hojas ocupadas por ácaros, moscas blancas y mosquito verde de 4 hojas elegidas al azar de cada planta. La presencia de trips en las flores (10 o 20, según la parcela), y el porcentaje de daños de orugas en las hojas.

Las observaciones se registraron en un cuaderno de campo. A veces, fueron recolectados insectos en bolsas de plástico o partes de plantas con síntomas de enfermedades para su identificación en laboratorio.

Por otro lado, se colocaron cuatro trampas pegajosas amarillas en cada parcela desde mediados de junio hasta finales de julio. Las trampas adhesivas se cambiaron semanalmente. Se cubrieron con plástico transparente y se llevaron al laboratorio para su identificación y el conteo de insectos.

B. Parámetros medidos:

La proporción de daño se evaluó mediante observación directa buscando los efectos de las plagas en brotes, hojas, frutos o flores, según la plaga en cuestión.

Para los pulgones, se calculó el número de brotes afectados, para ácaros, moscas blancas y mosquito verde, la proporción de hojas ocupadas.

La incidencia de la enfermedad se controló mediante observación directa para detectar síntomas.

La presencia plagas y de enemigos naturales (polinizadores, depredadores y parasitoides) se detectó mediante la observación directa del cultivo y conteos en las trampas adhesivas.

C. Tratamientos realizados:

En todos los tratamientos realizados se utilizaron productos orgánicos. Las Tablas 17 y 18 muestran las fechas, composición y dosis utilizadas de estos productos:

Tabla 17. Función, nombre comercial y dosis de las materias activas aplicadas durante el ciclo de cultivo.

MATERIA ACTIVA	PRODUCTO COMERCIAL	DOSIS	FUNCIÓN	PLAGAS Y ENFERMEDADES
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Turex	1 gr/l	Insecticida	Lepidópteros
<i>B. amyloliquifaciens</i>	Amylo-X	1 gr/l	Fungicida/ bactericida	Botrytis, oidio
Piretrinas	Pirecris	1,5cc/l	Insecticida	Pulgón, mosca blanca, mosquito verde
Extracto de sauce	Amicos Sec	1,5cc/l	Fungicida	Oidio
Óxido de calcio 0.5% and Óxido de magenisio 1.5%	Amicos Mc	2cc/l	Insecticida	Pulgón, mosca blanca, mosquito verde
Aceites de esenciales, glucósidos y terpenoides	Astral	2,5cc/l	Insecticida	Pulgón, mosca blanca, mosquito verde
Arcilla micronizada con azufre	Amicos S	20kg/ha	Fungicida	Oidio
Corrector pH		0,5cc/l		

Tabla 18. Tratamientos aplicados durante el ciclo de cultivo en los sistemas de cultivo.

EVOLUCIÓN DEL CULTIVO	PLAGAS Y ENFERMEDADES	FECHA	PRODUCTOS	SISTEMAS DE CULTIVO
Fecha de siembra/ plantación		07/05/2019	Siembra: Judía de careta o caupi Plantación: Melón piel de sapo	
A la semana de siembra/ plantación	Oruga (<i>Helicoverpa armigera</i>) --> hojas plantas (mayor población en monocultivo melon aunque luego tambien aumentó en monocultivo de cauí y asociados) Pulgón --> brotes (mayor incidencia en monocultivo de caupi) Mosquito verde (<i>Empoasca</i> spp)--> baja incidencia	15/05/2019	<u>Tto control plagas:</u> <i>Bacillus thuringiensis</i> , piretrinas <u>Tto preventivo enfermedades:</u> <i>B.amiloliquefaciens</i> , extracto de sauce	TODOS
Finales de mayo	Mosquito verde (<i>Empoasca</i> spp.)--> aumento densidad (mayor población en monocultivo de caupi)	27/05/2019	<u>Tto control plagas:</u> Piretrinas <u>Tto control plagas:</u> Óxido de calcio 0.5% y óxido de magnesio 1.5%	Monocultivo caupi TODOS
Primera quincena de junio	Oidio --> hojas (melón y persistió hasta final de cultivo en mayor o menor medida)	07/06/2019 17/06/2019	<u>Tto control plagas:</u> óxido de calcio 0.5% y óxido de magnesio 1.5% <u>Tto control enfermedades:</u> Arcilla micronizada con azufre	TODOS Monocultivo melon y asociados melon-caupi
Segunda quincena de junio	Trips --> aumento de poblaciones (monocultivo melon como asociado a leguminosa) Mosquito verde (<i>Empoasca</i> spp.)--> aumento de poblaciones (monocultivo caupi y asociado a melón) Pulgón y mosca blanca --> presencia	28/06/2019	<u>Tto control plagas:</u> Óxido de calcio 0.5% y óxido de magnesio 1.5%, aceites de esenciales, glucósidos y terpenoides	TODOS
Mediados de julio	Mosca blanca --> importante aumento de población Mosquito verde (<i>Empoasca</i> spp.)--> no descenso de poblaciones	10/07/2019	<u>Tto control de plagas:</u> Piretrinas, óxido de calcio 0.5% y óxido de magnesio 1.5%	TODOS
Finales de julio	Oidio --> hojas (melón y persistió hasta final de cultivo en mayor o menor medida)	26/07/2019	<u>Tto control enfermedades:</u> Arcilla micronizada con azufre	Monocultivo melon y asociados melon-caupi

2.2.3. Evaluación de la fertilidad del suelo y el secuestro de carbono

A. Muestras realizadas:

Las muestras de suelo se tomaron inmediatamente después de la cosecha a dos profundidades de 0-10 cm y de 10-30 cm. Las muestras se separaron en dos alícuotas en campo, conservándose una en nevera portátil con placas de hielo, y otra a temperatura ambiente. Una vez en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, las muestras transportadas en nevera se tamizaron a < 2 mm y se conservaron a 4 °C para la determinación de la humedad gravimétrica y del NO₃⁻ y del NH₄⁺, para evitar procesos de amonificación, nitrificación y desnitrificación. Las muestras transportadas a temperatura ambiente se dejaron secar en un

almacén a temperatura ambiente durante 7 días, se tamizaron a < 2 mm y se midieron el P y K disponibles. Una fracción de la muestra seca y tamizada se molió para determinar el contenido de carbono orgánico total y nitrógeno total.

B. Parámetros medidos:

1. Humedad gravimétrica (p/p): determinación gravimétrica de la humedad del suelo mediante secado en estufa a 105°C durante 24h, registrando el peso fresco (M) y seco (M_s), según el método descrito y modificado por Porta et al. (72).

$$H(\%) = \frac{M - M_s}{M_s}$$

2. Contenido en carbono orgánico total o COT (g kg^{-1}) y nitrógeno total (g kg^{-1}): se determinaron mediante un analizador elemental CHNS(O) (EA-1108, Carlo Erba).

3. Contenido de NO_3^- (mg kg^{-1}) y NH_4^+ (mg kg^{-1}): mediante el uso de una solución saturada de cloruro de potasio (KCl) y posterior medición de nitratos por cromatografía iónica y medición de amonio por espectrofotometría visible según los métodos modificados descritos por Keeney y Nelson (73).

4. Fósforo disponible: se determinó siguiendo el método Burriel-Hernando que se basa en la extracción del fósforo con una disolución de carbonato de calcio y carbonato de magnesio solubilizado con ácido sulfúrico (74). Se utilizó un equipo ICP-MS (Agilent 7500CE) para realizar las medidas.

5. Potasio intercambiable: extracción con una disolución BaCl_2 1M como sal intercambiadora con una relación 1:5 (p/v) (75). Se utilizó un equipo ICP-MS (Agilent 7500CE) para realizar las medidas.

3.-RESULTADOS

3.1. EVALUACION DE LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LA COSECHA

A. PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DEL MELÓN

En los cultivos asociados melón-judía el rendimiento por hectárea y el número de melones por hectárea (fue superior frente al monocultivo de melón. Respecto a los parámetros de calidad peso medio y grados brix no se apreciaron diferencias entre los diferentes sistemas de cultivo.

- Respecto al **rendimiento de melón por hectárea** (Figura 10), se obtuvo un incremento medio del 24% en las tres asociaciones, con producciones de 46.881 kg ha⁻¹, 46.484 kg ha⁻¹ y 46.158 kg ha⁻¹ en comparación de los 35.286 kg ha⁻¹ del monocultivo de melón.

- El **número de melones por hectárea** (Figura 11) en la asociación 1:1 fue de 14.639, en 2:1 de 14.111 y en el intercalado de 13.556 frente a los 12.313 del monocultivo, es decir se consiguió un aumento del 16%, 13% y 9% respectivamente.

- Sobre los indicadores de calidad del melón:

* **Peso medio de los melones** (Figura 12), no se vieron diferencias entre los sistemas productivos, alcanzándose en todos los casos pesos superiores a los 3 kg.

* En los **°Brix** alcanzados en la madurez (Figura 13), no se vieron diferencias significativas, con valores que oscilaron entre los 11 °Brix para el asociado 1:1 y los 13 °Brix en el caso del asociado con los cultivos intercalados en la misma fila.

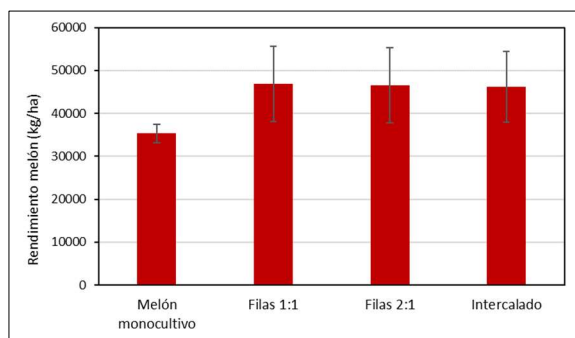


Figura 10. Rendimiento de la cosecha de melón (kg ha⁻¹)

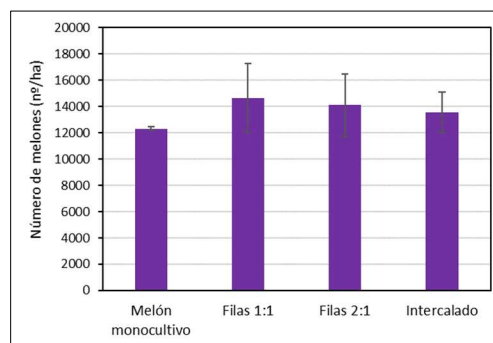


Figura 11. Indicadores de calidad del melón:
Número de melones

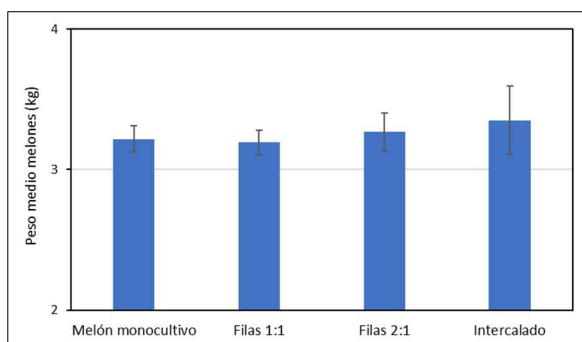


Figura 12. Indicadores de calidad del melón:
Peso de cada melón

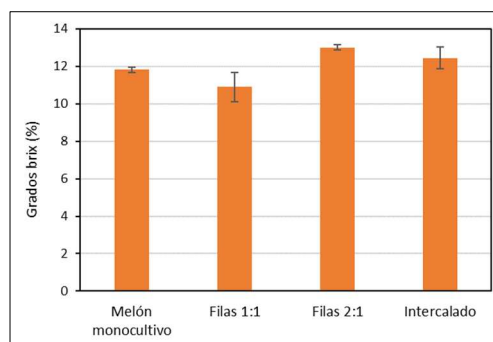


Figura 13. Indicadores de calidad del melón:
Grados Brix

B. PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LA JUDIA

El **rendimiento de la judía** mayor se obtuvo en el monocultivo judía con una producción de 3.720 kg ha⁻¹ (Figura 14), correspondiendo al sistema con mayor densidad de planta (5 pl m⁻²), frente a los asociados fila 1:1 con 2,5 pl m⁻² y una producción de 382 kg ha⁻¹, fila 2:1 con 1,5 pl m⁻² y 291 kg ha⁻¹ e intercalado con 0,4 pl m⁻² y 139 kg ha⁻¹.

Sobre los indicadores de calidad de la judía:

* **Peso kernel** (Figura 15) fue de 278g en el monocultivo de judía frente a los cultivos asociados que presentaron valores similares de 224 g en 1:1, 232 g en 2:1 y 242 g en el intercalado.

* **Proteína en la semilla de judía** (Figura 16), el porcentaje fue similar en los cultivos asociados con un valor medio de 27,5% frente al 23% del monocultivo de judía.

Estos resultados indican que en el monocultivo de judía, debido a la menor competencia, hubo una mayor producción, con mayor tamaño de las semillas. No obstante, la competencia interspecifica incrementó el contenido en proteína de la semilla a pesar de la menor producción.

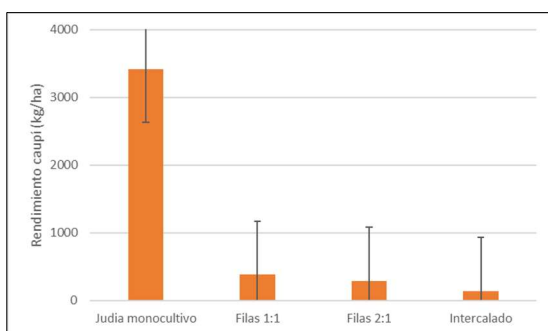


Figura 14. Rendimiento de la cosecha de caupí (kg ha⁻¹)

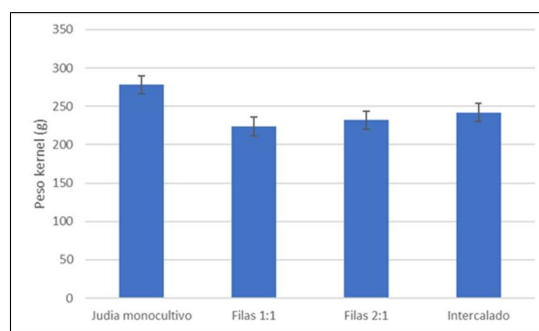


Figura 15. Indicadores de calidad de la judía de careta: Peso kernel o peso en gramos de 1000 semillas

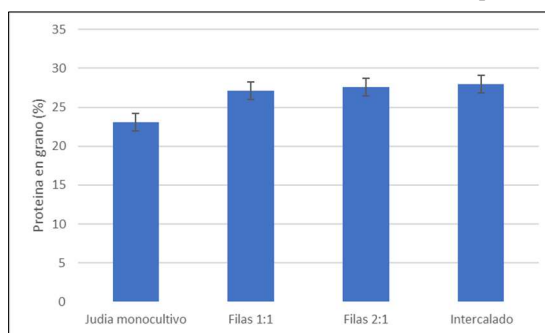


Figura 16. Indicadores de calidad de la judía de careta: Contenido en proteína de las semillas.

C. PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA AGRARIO

Los sistemas asociados presentaron una Relación Equivalente del Terreno (LER) (Figura 17) de 1,54 en el 1:1, 1,52 en el 2:1 y 1,47 en el intercalado, lo que fue indicativo de ser sistemas eficientes y sostenibles dado que presentaron una relación superior a 1, con una alta capacidad de aprovechamiento del terreno.

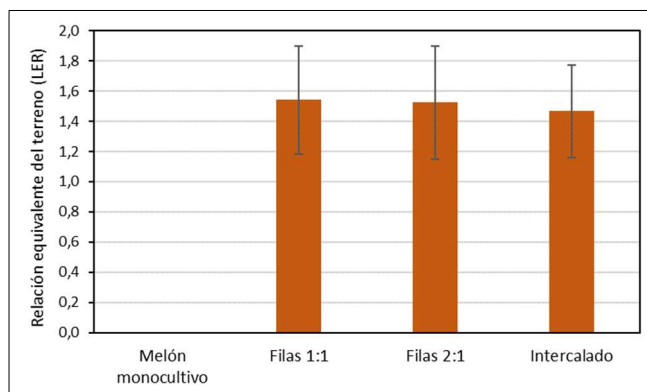


Figura 17. Relación Equivalente del Terreno (LER)

3.2. ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE PLAGAS Y BIODIVERSIDAD DE LA ENTOMOFAUNA

A. PRINCIPALES PLAGAS DETECTADAS EN LOS CULTIVOS

Las plagas que más afectaron a los cultivos fueron **mosquito verde**, **mosca blanca** seguidas de **áfidos** y **orugas**, aunque con menor incidencia en las asociaciones. El porcentaje de daños máximo que se observó durante el ciclo de cultivo se indica en la Tabla 19:

Tabla 19. Porcentaje de daños máximo observado en los sistemas de cultivo durante el ciclo productivo

PLAGAS Y ENFERMEDADES	CAUPÍ	MELÓN	ASOCIADO
MOSQUITO VERDE	40	35	30
MOSCA BLANCA	15	30	15
ÁFIDOS	20	15	5
ORUGAS	8	10	8
OIDIO	0	40	40

El cultivo asociado tuvo menor porcentaje de daños que el monocultivo de melón para todas las plagas. El porcentaje de brotes afectados por pulgones fue mayor en el monocultivo de caupí, al igual que el porcentaje de hojas con *Empoasca* sp. En el monocultivo de melón se dieron los mayores porcentajes de hojas ocupadas por mosca blanca y con daños de orugas.

El **oidio** tuvo una incidencia importante, estimada en un 40%, tanto en el monocultivo de melón como en el cultivo asociado.

Las capturas en las placas pegajosas amarillas de **trips**, **pulgones** y **moscas blancas** fueron menores en las parcelas con cultivos asociados que en el monocultivo de melón.

Las poblaciones de **trips** (Figura 18) fueron menores en el cultivo asociado que en el monocultivo de melón. Las poblaciones más bajas se dieron en el monocultivo de caupí.

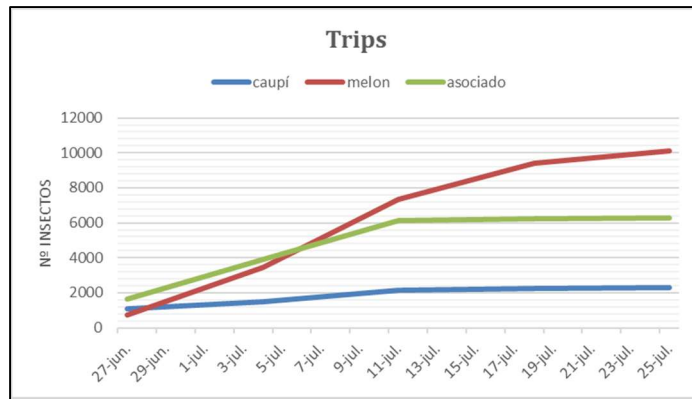


Figura 18. Seguimiento de las poblaciones de trips en los diferentes cultivos

Las poblaciones de **pulgón** (Figura 19) afectaron especialmente al monocultivo de caupí. El cultivo asociado fue el menos afectado por esta plaga.

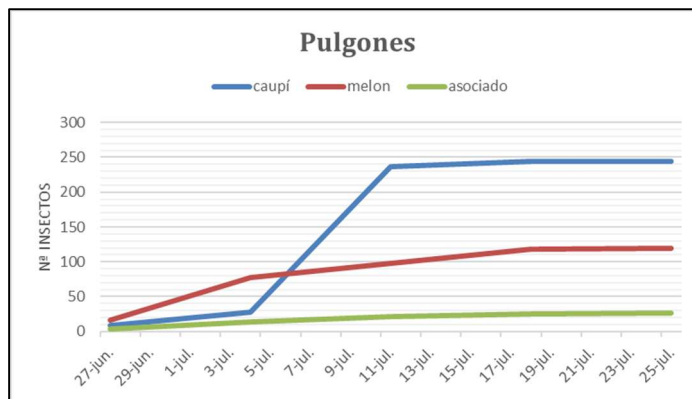


Figura 19. Seguimiento de las poblaciones de pulgón en los diferentes cultivos

La **mosca blanca** *Bemisia tabaci* (Figura 20) tuvo una mayor incidencia sobre el monocultivo del melón, sin embargo, tanto en el cultivo asociado como en el monocultivo de caupí apenas se realizaron capturas de mosca blanca.

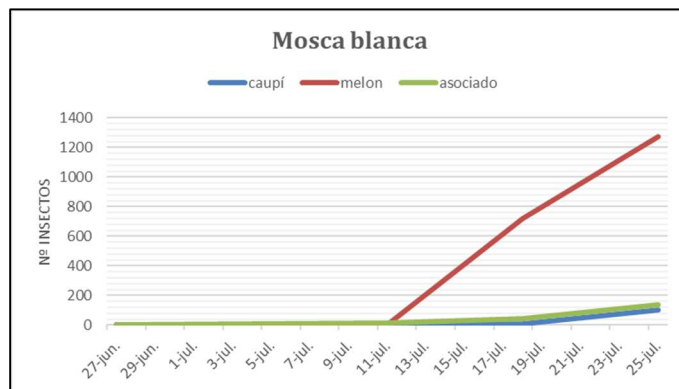


Figura 20. Seguimiento de las poblaciones de mosca blanca en los diferentes cultivos

Respecto al **mosquito verde** (Figura 21), las mayores poblaciones se registraron en el monocultivo de caupí. En las parcelas con cultivos asociados hubo una incidencia mayor de esta plaga que en el monocultivo de melón.

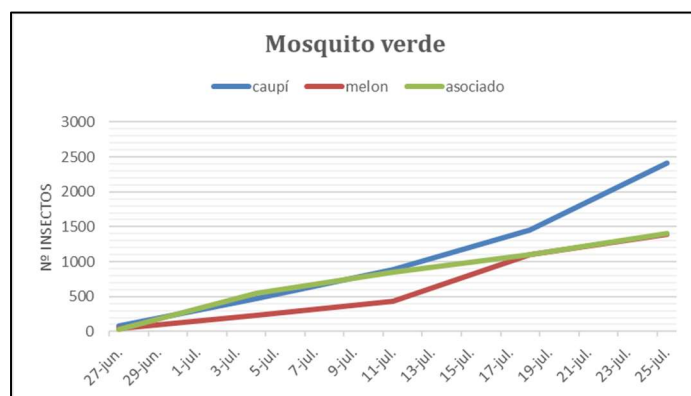


Figura 21. Seguimiento de las poblaciones de mosquito verde en los diferentes cultivos

B. PRINCIPALES POBLACIONES DE AUXILIARES EN LOS CULTIVOS

La población de fauna auxiliar más frecuente y abundante en todas las capturas fue la de ***Orius spp.***, seguida de **parasitoides, míridos y coccinélidos** (Figuras 22 a 25). Los parasitoides estuvieron presentes en los muestreos durante el seguimiento de los cultivos, siendo más abundantes los calcidiodeos, y de entre ellos *Eretmocerus sp.* De forma puntual se encontraron *crisopas*, *Anthocoris* y *Aeolothrips spp.*

Los parasitoides y los míridos fueron más abundantes en las capturas de las placas del monocultivo del melón, dónde las poblaciones de mosca blanca fueron mayores. Sus enemigos naturales, *Eretmocerus sp* y los míridos, se asociaron a las altas poblaciones de *Bemisia tabaci*.

Se capturaron un número de *Orius* parecido en la parcela asociada y en la de melón. El elevado número de capturas de *Orius* desde principios de julio, en la parcela asociada, se puede relacionar con menores niveles de trips de la misma (Figuras 18 y 22). El monocultivo de caupí, con los niveles más bajos de capturas de trips, tuvo menor número de *Orius*.

El tratamiento realizado con piretrinas el 10 de julio para reducir las poblaciones de mosca blanca y mosquito verde también afectó a las poblaciones de fauna auxiliar como puede verse en las gráficas de las capturas (Figuras 22 a 26).

Las capturas muestran que las **mariquitas** y las **crisopas** fueron más abundantes en el cultivo asociado (Figuras 25 y 26).

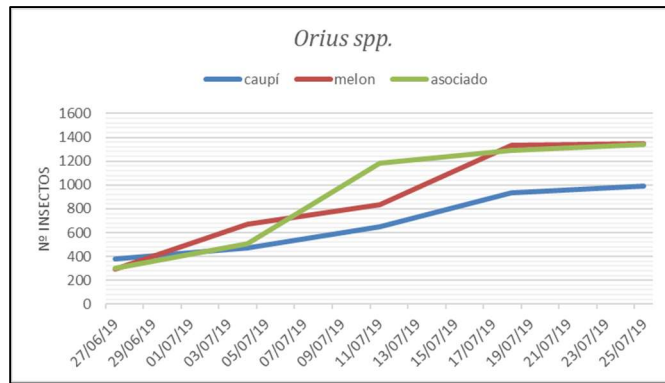


Figura 22. Seguimiento de las poblaciones de *Orius* spp. en los diferentes cultivos

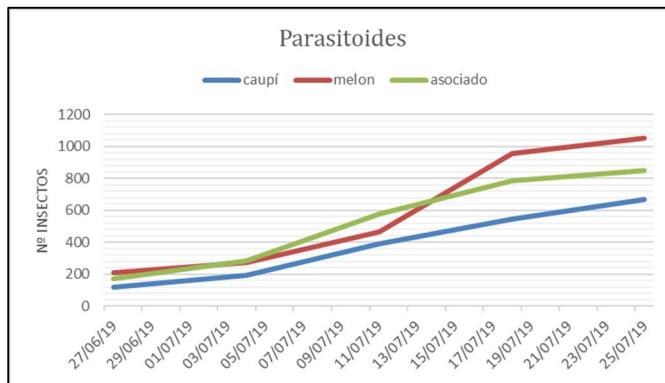


Figura 23. Seguimiento de las poblaciones de parasitoides en los diferentes cultivos

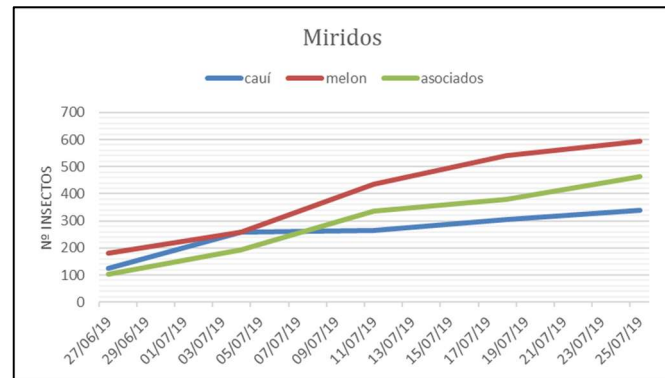


Figura 24. Seguimiento de las poblaciones de miridos en los diferentes cultivos

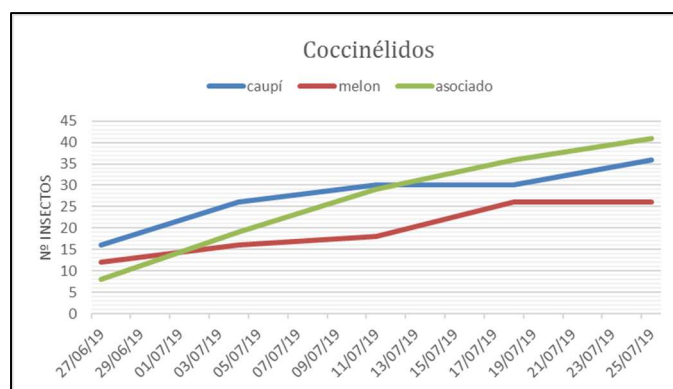


Figura 25. Seguimiento de las poblaciones de coccinélidos (mariquitas) en los diferentes cultivos

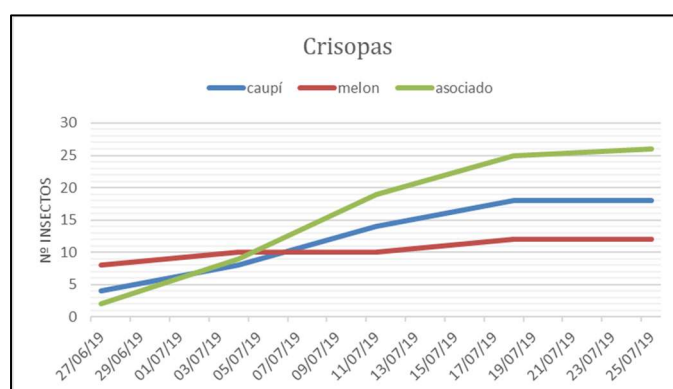


Figura 26. Seguimiento de las poblaciones de crisopas en los diferentes cultivos

3.3. EVALUACIÓN DE LA FERTILIDAD DEL SUELO Y EL SECUESTRO DE CARBONO

A. CARBONO ORGÁNICO TOTAL Y PORCENTAJE DE HUMEDAD EN EL SUELO

El contenido de **carbono orgánico total** (Figura 27) y de **humedad** (Figura 28) fue superior en el monocultivo de judía, seguido de los cultivos asociados. El monocultivo de melón fue el que presentó los valores más bajos.

En el monocultivo de melón se obtuvieron valores de 11,11 g kg⁻¹ de COT y 5,71% de humedad a la profundidad 0-10 cm y para los 10-30 cm el COT fue de 11,80 g kg⁻¹ y la humedad del 5,36%.

En el monocultivo de judía se obtuvieron valores de 13,38 g kg⁻¹ de COT y 8,90% de humedad a la profundidad 0-10 cm y para los 10-30 cm el COT fue de 12,60 g kg⁻¹ y la humedad del 8%.

Los valores para los cultivos asociados oscilaron entre estos valores para ambas profundidades.

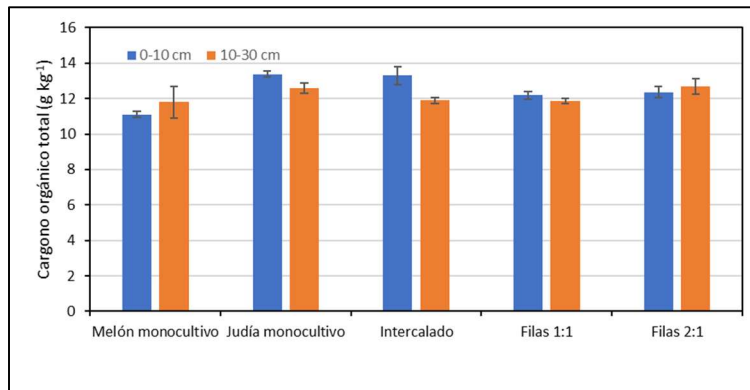


Figura 27. Contenido en muestras de suelo de COT (g kg⁻¹)

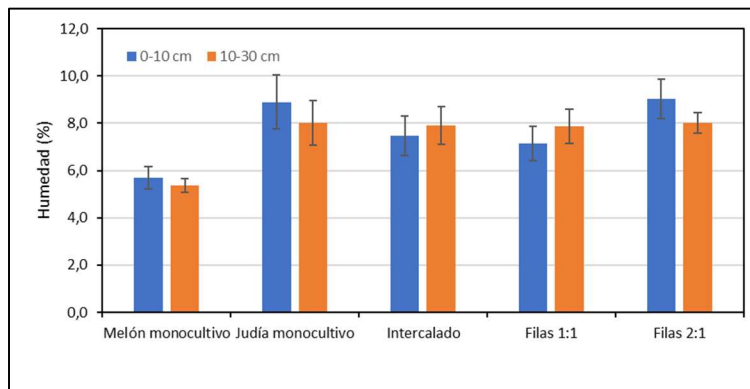


Figura 28. Contenido en muestras de suelo de Humedad gravimétrica (p/p)

B. NITRÓGENO, PRINCIPAL NUTRIENTE DE LAS PLANTAS

El contenido de **nitrógeno total** (Figura 29) fue similar en el monocultivo de judía y en los cultivos asociados, en torno a 1,30 g kg⁻¹, y para ambas dos profundidades. El monocultivo de melón fue el que presentó los valores más bajos en torno a 1,18 g kg⁻¹.

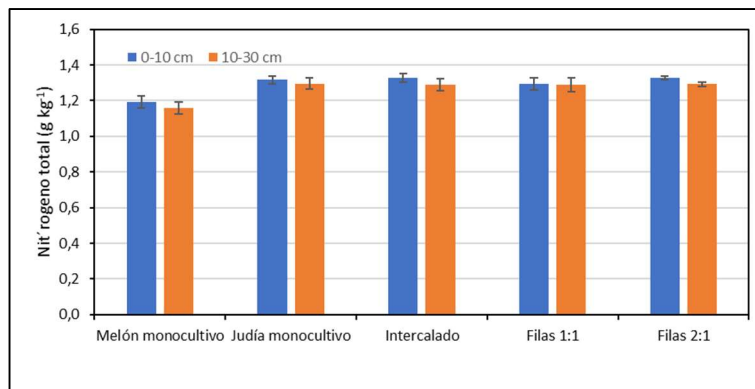


Figura 29. Contenido en muestras de suelo de nitrógeno total (g kg⁻¹)

Respecto a los **niveles de NH₄⁺** (Figura 30), el mayor valor se determinó a la profundidad 0-10 cm en el monocultivo de judía, dado que la densidad de plantación en este sistema de cultivo era superior y además este compuesto se sintetiza mediante relación simbiótica rizobio-leguminosa. En los cultivos asociados, a pesar de la reducción del 30% de fertilizante nitrogenado que se realizó a mitad de su ciclo productivo, los niveles alcanzados en

suelo oscilaron entre 1 y 2 mg kg⁻¹, al igual que en los valores determinados en el monocultivo de melón.

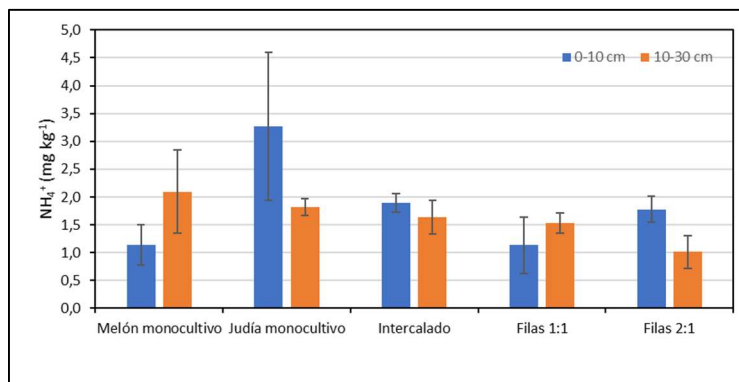


Figura 30. Contenido en muestras suelo de NH₄⁺ (mg kg⁻¹)

Se observaron unos **niveles de NO₃⁻** muy superiores al resto de los cultivos en la profundidad 0-10 cm del monocultivo de judía (1.351 mg kg⁻¹) (Figura 31). En los cultivos asociados el contenido en nitratos es el doble a la profundidad 0-10 cm que a la profundidad 10-30 cm, sin diferencias entre ellos.

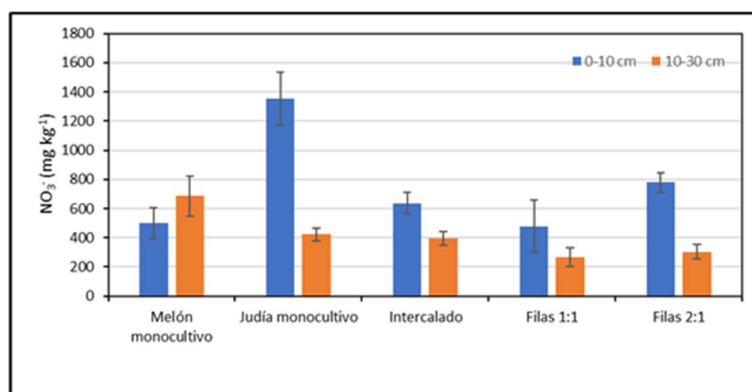


Figura 31. Contenido en muestras de suelo de NO₃⁻ (mg kg⁻¹)

C. RESTO DE MACRONUTRIENTES ESENCIALES: FÓSFORO Y POTASIO

Las concentraciones de **P disponible** (Figura 32) y de **K intercambiable** (Figura 33) en suelo fueron superiores en los cultivos asociados que en los monocultivos para las dos profundidades muestreadas.

En suelos calizos, estos dos elementos suelen estar poco disponibles para las plantas, ya sea porque están precipitados en el suelo o fijados entre las arcillas, sin embargo, la presencia de la leguminosa aumenta la disponibilidad de este tipo de elementos para la planta, seguramente debido a la estimulación de comunidades microbianas edáficas.

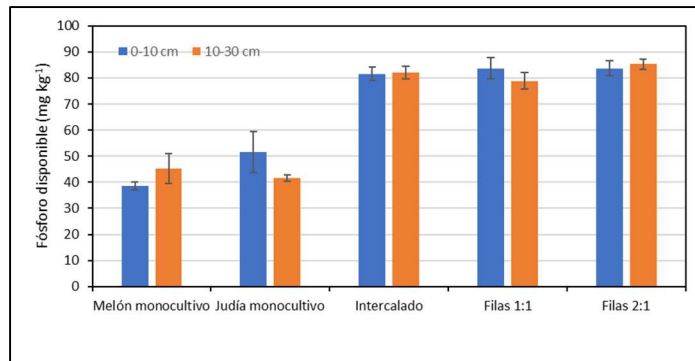


Figura 32. Contenido en fósforo disponible (P)

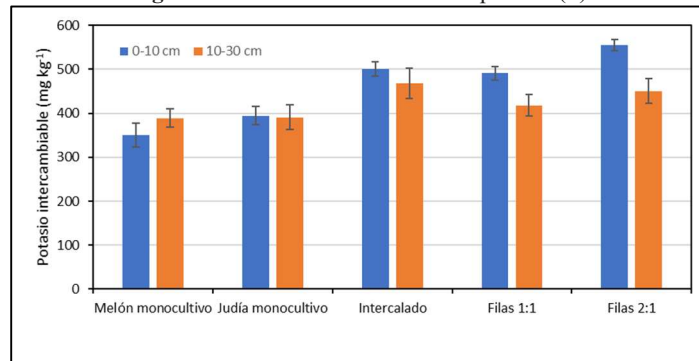


Figura 33. Contenido en potasio intercambiable (K)

4. VALORACIÓN ECONÓMICA

En el siguiente bloque se estudia la viabilidad y rentabilidad económica de los diferentes sistemas de cultivo. Para ello se han calculado los gastos sufragados durante la campaña (Tabla 20) y los ingresos debidos a la comercialización de los cultivos (Tabla 21) y por diferencia se ha obtenido el beneficio, en su caso, de cada uno de los sistemas contemplados.

Tabla 20. Gastos debidos a la aplicación de prácticas de cultivo mediante sistemas productivos en monocultivo de melón y judía y asociación melón-judía filas 1:1, filas 2:1 e intercalados en la misma fila.

A. GASTOS		
COSTE PERSONAL		
(76) Publicación número 1790 del BORM número 63 de 16/03/2018 (convenioscolectivos.net)		
AUXILIAR PLANTADOR-RECOLECTOR (PEÓN) (56,41€/día-5días-8h)		7,05 €/h
TRACTORISTA (60,74€/día-5días-8h)		7,59 €/h
A.1 PREPARACION DEL TERRENO		
ARADO DE VERTEDERA		
TIEMPO TRABAJO		10 h/ha
COSTE LABOR (M.O)		75,93 €/ha
ROTOVATOR		
TIEMPO TRABAJO		2 h/ha
COSTE LABOR (M.O)		20,00 €/ha
CONFORMADORA DE MESETAS		
TIEMPO TRABAJO MONOCULTIVO MELON		1 h/ha
COSTE LABOR MONOCULTIVO MELON (M.O)		7,59 €/ha
TIEMPO TRABAJO MONOCULTIVO JUDIA		2 h/ha
COSTE LABOR MONOCULTIVO JUDIA (M.O)		15,19 €/ha
TIEMPO TRABAJO ASOCIADO FILA 1:1		2 h/ha
COSTE LABOR ASOCIADO FILA 1:1 (M.O)		15,19 €/ha
TIEMPO TRABAJO ASOCIADO FILA 2:1		2 h/ha
COSTE LABOR ASOCIADO FILA 2:1 (M.O)		11,39 €/ha
TIEMPO TRABAJO ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO		1 h/ha
COSTE LABOR ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO (M.O)		7,59 €/ha
MANGUERAS DE RIEGO		
COSTE MANGUERAS DE RIEGO (*precio medio mercado)		0,11 €/mL
COSTE MANGUERAS MONOCULTIVO MELON (0,11€/mL*300mL*16filas)		528,00 €/ha
TIEMPO TRABAJO COLOCACION MONOCULTIVO MELON		1 h/ha
COSTE COLOCACION MONOCULTIVO MELON (M.O)		7,05 €/ha
COSTE MONOCULTIVO JUDIA (0,11€/mL*300mL*35filas)		1.155,00 €/ha
TIEMPO TRABAJO COLOCACION MONOCULTIVO JUDIA		2 h/ha
COSTE COLOCACION MONOCULTIVO JUDIA (M.O)		14,10 €/ha
COSTE MANGUERAS ASOCIADO FILA 1:1 (0,11€/mL*300mL*35filas)		1.155,00 €/ha
TIEMPO TRABAJO COLOCACION ASOCIADO FILA 1:1 (M.O)		2 h/ha
COSTE COLOCACION FILA 1:1 (M.O)		14,10 €/ha
COSTE ASOCIADO FILA 2:1 (0,11€/mL*300mL*25filas)		825,00 €/ha
TIEMPO TRABAJO COLOCACION ASOCIADO FILA 2:1 (M.O)		1,5 h/ha
COSTE COLOCACION FILA 2:1 (M.O)		10,58 €/ha
COSTE MANGUERAS ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO (0,11€/mL*300mL*16filas)		528,00 €/ha
TIEMPO TRABAJO COLOCACION ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO (M.O)		1 h/ha
COSTE COLOCACION ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO (M.O)		7,05 €/ha

PLÁSTICO PARA ACOLCHADO DEL TERRENO	
KG PLÁSTICO PARA ACOLCHADO (1000m2 equivalen a 55kg plástico)	55 kg/1000m2
COSTE KG PLÁSTICO PARA ACOLCHADO (*precio medio mercado)	2,1 €/Kg
SUPERFICIE PLÁSTICO MONOCULTIVO MELON (0,5m ancho*300mL*16filas)	2.400 m2/ha
KG PLÁSTICO MONOCULTIVO MELON	132 Kg/ha
COSTE PLÁSTICO MONOCULTIVO MELON	277,20 €/ha
COSTE COLOCACION PLÁSTICO MONOCULTIVO MELÓN (10%PLÁSTICO)	27,72 €/ha
SUPERFICIE PLÁSTICO MONOCULTIVO JUDIA (0,5m ancho*300mL*35filas)	5.250 m2/ha
KG PLÁSTICO MONOCULTIVO JUDIA	289 Kg/ha
COSTE PLÁSTICO MONOCULTIVO JUDIA	606,38 €/ha
COSTE COLOCACION PLÁSTICO MONOCULTIVO JUDIA (10%PLÁSTICO)	60,64 €/ha
SUPERFICIE PLÁSTICO ASOCIADO FILA 1:1 (0,5m ancho*300mL*35filas)	5.250 m2/ha
KG PLÁSTICO ASOCIADO FILA 1:1	289 Kg/ha
COSTE PLÁSTICO ASOCIADO FILA 1:1	606,38 €/ha
COSTE COLOCACION PLÁSTICO ASOCIADO FILA 1:1 (10%PLÁSTICO)	60,64 €/ha
SUPERFICIE PLÁSTICO ASOCIADO FILA 2:1 (0,5m ancho*300mL*25filas)	3.750 m2/ha
KG PLÁSTICO ASOCIADO FILA 2:1	206 Kg/ha
COSTE PLÁSTICO ASOCIADO FILA 2:1	433,13 €/ha
COSTE COLOCACION PLÁSTICO ASOCIADO FILA 2:1 (10%PLÁSTICO)	43,31 €/ha
SUPERFICIE PLÁSTICO ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO (0,5m ancho*300mL*16filas)	2.400 m2/ha
KG PLÁSTICO ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO	132 Kg/ha
COSTE PLÁSTICO ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO	277,20 €/ha
COSTE COLOCACION PLÁSTICO ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO (10%PLÁSTICO)	27,72 €/ha
A.2 MATERIAL VEGETAL	
SEMILLA JUDIA	
PAQUETE SEMILLAS JUDIA	20 €/paquete
Nº SEMILLAS/PAQUETE	4.000 semillas
COSTE SEMILLA	0,005 €/semilla
Nº SEMILLAS/HOYO	3 semillas/hoyo
DENSIDAD PLANTACION JUDIA EN MONOCULTIVO	50.000 plantas/ha
COSTE SEMILLA MONOCULTIVO JUDIA	750,00 €/ha
DENSIDAD PLANTACION JUDIA (ASOCIADO FILA 1:1)	25.000 plantas/ha
COSTE SEMILLA JUDIA (ASOCIADO FILA 1:1)	375,00 €/ha
DENSIDAD PLANTACION JUDIA (ASOCIADO FILA 2:1)	12.500 plantas/ha
COSTE SEMILLA JUDIA (ASOCIADO FILA 2:1)	187,50 €/ha
DENSIDAD PLANTACION JUDIA (ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO)	4.000 plantas/ha
COSTE SEMILLA JUDIA (ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO)	60,00 €/ha
PLÁNTULA MELON	
SEMILLA MELÓN ENTRE 180-280 €/1000semillas	230 €/1000semillas
COSTE SEMILLA	0,23 €/semilla
COSTE SEMILLA EN SEMILLERO PARA OBTENER LA PLANTULA	0,25 €/semilla
COSTE PLÁNTULA MELON	0,48 €/plántula
DENSIDAD MELON (monocultivo y asociado filas 1:1, 2:1 e intercalado misma fila)	4.000 plantas/ha
COSTE PLANTULA MELON MONOCULTIVO Y ASOCIADOS	1.920,00 €/ha
A.3 INSUMOS	
AGUA TRASVASE	
COSTE M3 (Precio del Agua « C.R.C.C. (crce.es) - Junta 1/2/2019)	0,35 €/m3
VOLUMEN AGUA RIEGO	3.100 m3/ha
GASTO AGUA RIEGO	1.085,00 €/ha
FERTILIZANTE NORGAN	
COSTE FERTILIZANTE NORGAN (1,25€ garrafa 20L)	0,06 €/L
VOLUMEN FERTILIZANTE NORGAN GASTADO MONOCULTIVO MELON	3.125 L/ha
GASTO FERTILIZANTE NORGAN MONOCULTIVO MELON	195,31 €/ha
VOLUMEN FERTILIZANTE NORGAN GASTADO MONOCULTIVO JUDIA	2.031 L/ha
GASTO FERTILIZANTE NORGAN MONOCULTIVO JUDIA	126,94 €/ha
VOLUMEN FERTILIZANTE NORGAN GASTADO ASOCIADO MELON-JUDIA (todos los casos)	2.222 L/ha
GASTO FERTILIZANTE NORGAN ASOCIADO MELON JUDIA	138,88 €/ha
FERTILIZANTE ZEN	
COSTE (L) FERTILIZANTE ZEN (2€ garrafa 20L)	0,10 €/L
VOLUMEN FERTILIZANTE ZEN GASTADO MONOCULTIVO MELON	312 L/ha
GASTO FERTILIZANTE ZEN MONOCULTIVO MELON	31,20 €/ha
VOLUMEN FERTILIZANTE ZEN GASTADO MONOCULTIVO JUDIA	156 L/ha
GASTO FERTILIZANTE ZEN MONOCULTIVO JUDIA	15,60 €/ha
VOLUMEN FERTILIZANTE ZEN GASTADO ASOCIADO MELON-JUDIA	231 L/ha
GASTO FERTILIZANTE ZEN ASOCIADO MELON JUDIA (todos los casos)	23,10 €/ha

A.4 LABORES	
COSTE PEON AGRICOLA	7,05 €/h
COSTE PEON AGRICOLA (día)	56,41 €/día
PLANTACION	
PLANTACION MONOCULTIVO MELON (2,5ha/día-10personas)	4 personas/ha
COSTE PLANTACIÓN MONOCULTIVO MELON	225,64 €/ha
PLANTACION MONOCULTIVO JUDIA	4 personas/ha
COSTE PLANTACIÓN MONOCULTIVO JUDIA	225,64 €/ha
PLANTACION ASOCIADO FILA 1:1	7 personas/ha
COSTE PLANTACIÓN ASOCIADO FILA 1:1	394,87 €/ha
PLANTACION ASOCIADO FILA 2:1	6 personas/ha
COSTE PLANTACIÓN ASOCIADO FILA 2:1	338,46 €/ha
PLANTACION ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO	5 personas/ha
COSTE PLANTACIÓN ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO	282,05 €/ha
RECOLECCION	
RECOLECCION MONOCULTIVO MELON	5 personas/ha
COSTE RECOLECCIÓN MONOCULTIVO MELON	282,05 €/ha
RECOLECCIÓN MONOCULTIVO JUDIA	5 personas/ha
COSTE RECOLECCIÓN MONOCULTIVO JUDIA	282,05 €/ha
RECOLECCIÓN ASOCIADO FILA 1:1	8 personas/ha
COSTE RECOLECCIÓN ASOCIADO FILA 1:1	451,28 €/ha
RECOLECCIÓN ASOCIADO FILA 2:1	7 personas/ha
COSTE RECOLECCIÓN ASOCIADO FILA 2:1	394,87 €/ha
RECOLECCIÓN ASOCIADO FILA 1:1	6 personas/ha
COSTE RECOLECCIÓN ASOCIADO MISMA FILA INTERCALADO	338,46 €/ha

En el caso de los ingresos, el precio medio considerado para los cultivos de melón y judía hace referencia a productos procedentes de agricultura ecológica y comercializados como tal, debido a que las labores de trabajo necesarias para producirlos requieren de unas prácticas más costosas económicamente, que se hacen inviables en un sistema de producción tradicional en intensivo.

Tabla 21. Ingresos obtenidos debido a la comercialización de los cultivos producidos
Bajo sistemas productivos en monocultivo de melón y judía
y asociados melón-judía fila 1:1, fila 2:1 e intercalados en la misma fila.

B. INGRESOS		
* Precio mercado percibido cultivos ecológicos en R. Murcia (77)		
PRECIO MELON PIEL DE SAPO CAMPAÑA 2019-2020		2,15 €/kg
PRECIO JUDIA CAMPAÑA 2019-2020		3,52 €/kg
SISTEMAS DE CULTIVO (MELON)	PRODUCCION (kg/ha)	BENEFICIO (€/ha)
INGRESO MONOCULTIVO MELON	35.286	75.688
INGRESO ASOCIADO FILA 1:1	46.881	100.559
INGRESO ASOCIADO FILA 2:1	46.484	99.709
INGRESOASOCIADOS MISMA FILA INTERCALADO	46.158	99.009
SISTEMAS DE CULTIVO (JUDIA)	PRODUCCION (kg/ha)	BENEFICIO (€/ha)
INGRESO MONOCULTIVO JUDIA	3420	12.039
INGRESO ASOCIADO FILA 1:1	382	1.346
INGRESO ASOCIADO FILA 2:1	291	1.026
INGRESOASOCIADOS MISMA FILA INTERCALADO	139	490
SISTEMAS DE CULTIVO (RESUMEN)	PRODUCCION (kg/ha)	BENEFICIO (€/ha)
INGRESO MONOCULTIVO MELON	35.286	75.687,98
INGRESO MONOCULTIVO JUDIA	3.420	12.039,06
INGRESO ASOCIADO FILA 1:1	47.263	101.904,45
INGRESO ASOCIADO FILA 2:1	46.776	100.734,80
INGRESOASOCIADOS MISMA FILA INTERCALADO	46.297	99.498,99

El resumen de beneficios obtenidos para los sistemas de cultivo estudiados se recoge en la Tabla 22. Se observa que todos los sistemas de cultivo son rentables y por tanto económicamente viables.

Tabla 22. Beneficios obtenidos de los sistemas de cultivo en monocultivo melón y judía y asociados fila 1:1, fila 2:1 e intercalado en la misma fila

VALORACIÓN ECONÓMICA	MONOCULTIVO MELON	MONOCULTIVO JUDIA	ASOCIADO FILA 1:1	ASOCIADO FILA 2:1	ASOCIADO MISMA FILA INTRECALADO
A. GASTOS (€/ha)	4.682,69 €	4.432,45 €	6.335,35 €	5.507,13 €	4.790,97 €
A.1 PREPARACION TERRENO	943,49 €	1.947,23 €	1.947,23 €	1.419,33 €	943,49 €
LABOR ARADO VERTEDERA	75,93 €	75,93 €	75,93 €	75,93 €	75,93 €
LABOR ROTOVATOR	20,00 €	20,00 €	20,00 €	20,00 €	20,00 €
LABOR CONFORMADORA MESETAS	7,59 €	15,19 €	15,19 €	11,39 €	7,59 €
COSTE MANGUERAS	528,00 €	1.155,00 €	1.155,00 €	825,00 €	528,00 €
COLOCACION MANGUERAS	7,05 €	14,10 €	14,10 €	10,58 €	7,05 €
COSTE ACOLCHADO	277,20 €	606,38 €	606,38 €	433,13 €	277,20 €
COSTE COLOCACION ACOLCHADO	27,72 €	60,64 €	60,64 €	43,31 €	27,72 €
A.2 MATERIAL VEGETAL	1.920,00 €	750,00 €	2.295,00 €	2.107,50 €	1.980,00 €
SEMILLA JUDIA	0,00 €	750,00 €	375,00 €	187,50 €	60,00 €
PLANTULA MELON	1.920,00 €	0,00 €	1.920,00 €	1.920,00 €	1.920,00 €
A.3 INSUMOS	1.311,51 €	1.227,54 €	1.246,98 €	1.246,98 €	1.246,98 €
AGUA RIEGO	1.085,00 €	1.085,00 €	1.085,00 €	1.085,00 €	1.085,00 €
FERTILIZANTE NORGAN	195,31 €	126,94 €	138,88 €	138,88 €	138,88 €
FERTILIZANTE ZEN	31,20 €	15,60 €	23,10 €	23,10 €	23,10 €
A.4 LABORES	507,69 €	507,69 €	846,15 €	733,33 €	620,51 €
SIEMBRA/PLANTACION	225,64 €	225,64 €	394,87 €	338,46 €	282,05 €
RECOLECCION	282,05 €	282,05 €	451,28 €	394,87 €	338,46 €
B. INGRESOS (€/ha)	75.687,98 €	12.039,06 €	101.904,45 €	100.734,80 €	99.498,99 €
BENEFICIOS (€/ha) (B=I-G)	71.005,29 €	7.606,61 €	95.569,10 €	95.227,67 €	94.708,01 €

Respecto a los beneficios obtenidos, los sistemas asociados no solo resultan viables, sino que además tienen una mayor rentabilidad frente a los monocultivos. De hecho, la suma del beneficio de ambos monocultivos (78.611,89€) es inferior al beneficio de cada uno de los asociados, resultando para el asociado fila 1:1 de 95.569,10€, para el asociado fila 2:1 de 95.227,67€ y el asociado en la misma fila intercalado es el que presenta un beneficio menor con 94.708,01€, aunque no mucho menor al resto de asociaciones). Por tanto, la asociación de cultivos puede ser una estrategia agrícola sostenible desde el punto de vista ambiental y socioeconómico, con un mayor aprovechamiento del terreno, de los recursos naturales, una reducción en los insumos utilizados, mejoras en la producción y mayores beneficios económicos.

5.- CONCLUSIONES

El sector agrario está en un momento de transición desarrollando e implementando nuevas técnicas de cultivo que sigan siendo productivas y rentables a la vez que respetuosas con el suelo y el medioambiente. Para el siguiente periodo de la PAC 2023-2027 y perspectivas 2030 y 2050, relacionadas con el Pacto Verde y las Estrategias de la Granja a la Mesa y Estrategia de la Biodiversidad, estas prácticas se hacen recomendables e incluso obligatorias, en la dirección de popularizar prácticas de cultivo más ecológicas frente a los sistemas productivos intensivos de las últimas décadas.

Entre las prácticas de cultivo que se están investigando y desarrollando en los últimos años, dentro de la técnica de diversificación de cultivos se incluye la propuesta de este TFG: la asociación de los cultivos melón piel de sapo junto a una leguminosa como es la judía de careta bajo prácticas de cultivo ecológicas. Tras el seguimiento realizado durante el ciclo de cultivo de la campaña 2019 sobre los diferentes sistemas para ver la viabilidad y resiliencia de los agrosistemas, tanto de los monocultivos de melón y judía como de diversas asociaciones 1:1, 2:1 y asociados en la misma fila. A continuación, se indican las principales conclusiones obtenidas sobre productividad y calidad de la cosecha, incidencia de plagas y enfermedades y el efecto de estas prácticas sobre la fertilidad del suelo y secuestro de carbono:

* PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD

- La asociación de la judía de careta al melón permitió la reducción de un 30% en la aplicación de fertilizantes a partir de la floración de la leguminosa en los cultivos asociados, aumentando el rendimiento en las asociaciones sobre los monocultivos en un 24% y el número de melones por hectárea entre un 9% y el 16%. El mayor número de flores pudo influir en un mayor número de frutos por planta de melón y aumentar el rendimiento del cultivo. No se obtuvieron diferencias en los parámetros de calidad peso medio y °Brix respecto al monocultivo de melón. En los parámetros de calidad de la judía, el porcentaje de proteína en grano en los asociados superó al del monocultivo (27,5% frente a 23%), por tanto, el N aportado por la leguminosa pudo ser mejor aprovechado por la planta aumentando la concentración de proteína en las semillas debido a la competencia interespecífica.

- La asociación es eficiente y sostenible dado que la relación equivalente del terreno (LER) fue mayor a 1 en todas las asociaciones ensayadas, confirmando un correcto aprovechamiento del terreno con el cultivo simultáneo de ambas especies y, por tanto, confirmando su viabilidad técnica.

* INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

- Las plagas que más afectaron a los cultivos fueron trips y mosca blanca en el monocultivo de melón y pulgones y mosquito verde en el monocultivo de judía, las orugas afectaron en ambos monocultivos, pero la incidencia de estas plagas sobre los cultivos asociados fue menor.

- Respecto al oídio, afectó tanto al monocultivo de melón como al asociado con una incidencia estimada del 40%.

- Las poblaciones de fauna auxiliar aumentaron en todos los sistemas durante las fases de floración y desarrollo del fruto. La más frecuente fue la de *Orius* sp., seguida de parasitoides, miridos y coccinélidos.

- Las poblaciones de mariquitas y crisopas fueron superiores en los cultivos asociados.

- La cercanía de las parcelas de monocultivo de melón y caupí pudo enmascarar algún resultado debido a que las placas cromatográficas solo cazan insectos voladores y éstos se desplazan bastante lejos.

* FERTILIDAD DEL SUELO Y SECUESTRO DE CARBONO

- Frente al monocultivo de melón, en los cultivos asociados se aumentó tanto la cantidad de carbono orgánico total como el nivel de humedad en los primeros 30 cm de profundidad, que es donde se encuentra el mayor porcentaje de las raíces de la planta del melón. Un aumento en el contenido de carbono orgánico total es indicativo de una mejora en el contenido de materia orgánica a esta profundidad, lo que influye en una mejor estructura del suelo por formación de agregados estables con las partículas minerales que hay en el suelo, mejorando su fertilidad potencial, con un mayor nivel de porosidad, capacidad de retención de agua en el suelo, capacidad de infiltración, capacidad de enraizamiento y movimiento de la fauna. Además, mayores concentraciones de carbono orgánico total en el suelo contribuyen al secuestro de CO₂ atmosférico, y mitigación del cambio climático. Un mayor contenido de humedad es necesario para el desarrollo tanto de los cultivos como de los macro y microorganismos del suelo. Debido al clima mediterráneo del sureste español, con periodos de sequías mayores y escasas lluvias y con cada vez con mayores dificultades en la obtención de dotaciones hídricas para el riego de los cultivos, optar por prácticas de manejo que favorezcan la retención de agua en el suelo se convierte en una necesidad.

Los cultivos asociados a la leguminosa, a pesar de la reducción del 30% de fertilizantes aplicados al cultivo principal presentaron:

- cantidades de N orgánico total superior al monocultivo de melón para ambas profundidades, lo que es indicativo de un incremento en la fertilidad potencial del suelo.

- el contenido en NH₄⁺ fue superior en la profundidad de 10-30 cm para el monocultivo de melón que para los asociados, pero para la profundidad 0-10 cm estas concentraciones fueron superiores en los cultivos asociados.

- el contenido en NO₃⁻ fue superior en la profundidad de 10-30 cm para el monocultivo de melón que en los asociados, pero para la profundidad 0-10 cm estas concentraciones fueron superiores en los cultivos asociados.

Los niveles de P disponible y K intercambiable fueron superiores en los cultivos asociados frente a los monocultivos. El P disponible aumentó en un 50% su disponibilidad para el cultivo respecto a los monocultivos, no encontrando diferencias en las dos profundidades. Respecto al K intercambiable aumentó su disponibilidad especialmente en los 10 cm primeros del suelo. A pesar de la reducción en el abonado de los cultivos asociados, la presencia de una leguminosa, además de fijar nitrógeno atmosférico para formar NH₄⁺ mediante la simbiosis con rizobios del suelo, favorece la disponibilidad de elementos fijados al suelo en zonas con suelos calizos debido seguramente a la activación de las comunidades microbianas del suelo.

EN RESUMEN, tras los resultados obtenidos se puede decir que a pesar de la reducción del 30% en fertilizantes durante el ciclo de cultivo en los asociados frente a los monocultivos, además de incrementar el contenido en N en el suelo y favorecer la biodisponibilidad de otros elementos como el P o el K, especialmente en suelos calizos, y una dotación hídrica similar, la producción del cultivo asociado frente al monocultivo fue:

* en el caso del melón en asociación: aumentó su rendimiento por hectárea debido a un mayor número de unidades de melón con un peso y porcentaje de °Brix similar al monocultivo.

* el cultivo de la judía se considera como un cultivo secundario, adquiriendo una función estructural sobre las propiedades del suelo y favoreciendo el desarrollo y productividad del cultivo principal. A pesar de este hecho, se obtiene una pequeña producción que igualmente es comercializable e incrementa el beneficio total obtenido.

Además, al coexistir dos especies diferentes en una misma superficie, se favorece la biodiversidad tanto de micro y macroorganismos edáficos como del medio y, por tanto, se promueve el desarrollo de cadenas tróficas más complejas. Este hecho influye sobre el control de las poblaciones de plagas específicas de los cultivos, debido a que también se favorece un mayor número de algunas de las poblaciones de enemigos naturales. Esta circunstancia posiblemente influirá sobre una reducción de fitosanitarios aplicados durante el ciclo productivo, obteniendo cultivos con un menor número de residuos, además de suponer un ahorro en el coste de producción y reducir residuos sobre el medio ambiente.

Finalmente, tras una valoración económica de los diferentes sistemas, el beneficio de producir bajo agroecosistemas con técnicas de asociación de cultivos permitiría obtener producciones rentables más integradas en el medio ambiente, siendo superior este beneficio frente al obtenido en los monocultivos. De hecho, la suma del beneficio de los monocultivos resulta ser inferior al obtenido mediante asociación: con menores insumos se obtendría una rentabilidad mayor, aunque las labores culturales para su manejo aumentarían (en el caso de los sistemas estudiados la asociación 1:1 supuso el sistema más costoso de entre los asociados pero que compensó con una mayor producción) y es que producir bajo este tipo de prácticas agrarias podría ser una alternativa hacia una agricultura más sostenible y económicamente rentable.

6.- BIBLIOGRAFIA

- (1) https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/cap-glance_es
- (2) <https://www.mapa.gob.es/es/pac/historia-pac/>
- (3) <https://www.fega.es/es/ayudas-directas-y-desarrollo-rural/condicionalidad>
- (4) REGLAMENTO (UE) No 1307/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 17 de diciembre de 2013 por el que se establecen normas aplicables a los pagos directos a los agricultores en virtud de los regímenes de ayuda incluidos en el marco de la Política Agrícola Común y por el que se derogan los Reglamentos (CE) n° 637/2008 y (CE) n° 73/2009 del Consejo.
- (5) El primer Pilar de la Política Agrícola Común PAC: II – Los pagos directos a las explotaciones. Fichas técnicas sobre la Unión Europea-2021 (www.europarl.europa.eu/factsheets/es)
- (6) REGLAMENTO (UE) n° 1305/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 17 de diciembre de 2013 relativo a la ayuda al desarrollo rural a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader) y por el que se deroga el Reglamento (CE) n° 1698/2005 del Consejo
- (7) El segundo Pilar de la PAC: La política de desarrollo rural. Fichas técnicas sobre la Unión Europea-2021 (www.europarl.europa.eu/factsheets/es)
- (8) <http://www.fao.org/3/V6640S/v6640s02.htm>
- (9) <https://eos.com/es/blog/monocultivo/>
- (10) <http://www.agriculturadeconservacion.org/index.php/descargas/fichas-tecnicas>
- (11) https://ec.europa.eu/info/food-farming-fisheries/key-policies/common-agricultural-policy/future-cap_es
- (12) REGLAMENTO (UE) 2020/2220 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 23 de diciembre de 2020 por el que se establecen determinadas disposiciones transitorias para la ayuda del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (Feader) y del Fondo Europeo Agrícola de Garantía (FEAGA) en los años 2021 y 2022, y por el que se modifican los Reglamentos (UE) n° 1305/2013, (UE) n° 1306/2013 y (UE) n° 1307/2013 en lo que respecta a sus recursos y a su aplicación en los años 2021 y 2022 y el Reglamento (UE) n° 1308/2013 en lo que respecta a los recursos y la distribución de dicha ayuda en los años 2021 y 2022.
- (13) Hacia una Política Agrícola Común Posterior a 2020. Fichas técnicas sobre la Unión Europea-2021 (www.europarl.europa.eu/factsheets/es)
- (14) https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/guiabasicadelplanestrategicodelapac_tcm30-541176.pdf
- (15) Real Decreto 1078/2014, de 19 de diciembre, por el que se establecen las normas de la condicionalidad que deben cumplir los beneficiarios que reciban pagos directos, determinadas primas anuales de desarrollo rural, o pagos en virtud de determinados programas de apoyo al sector vitivinícola.
- (16) Real Decreto 1075/2014, de 19 de diciembre, sobre la aplicación a partir de 2015 de los pagos directos a la agricultura y a la ganadería y otros regímenes de ayuda, así como sobre la gestión y control de los pagos directos y de los pagos al desarrollo rural.
- (17) La aplicación de la Condicionalidad Reforzada en el marco de los Planes Estratégicos de la PAC post 2020 (Reglamento PEPAC). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (https://www.mapa.gob.es/es/pac/post-2020/aplicaciondelacondicionalidadreforzadaenlosplanesestrategicosdelapac_tcm30-537081.pdf)
- (18) El Pacto Verde. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones COM (2019) 640 final
- (19) Estrategia de la Granja a la Mesa para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones COM (2020) 381 final.
- (20) Estrategia de la UE sobre la biodiversidad de aquí a 2030. Reintegrar la naturaleza en nuestras vidas. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones COM (2020) 380 final.
- (21) Duhamel, M., Vandenkoornhuyse, P., 2013. Sustainable agriculture: possible trajectories from mutualistic symbiosis and plant neodomestication. *Trends Plant Sci.* 18, 597–600.
- (22) Owen et al., 2015. Use of commercial bio-inoculants to increase agricultural production through improved phosphorus acquisition. *Applied Soil Ecology* 86, 41-54.

- (23) <http://www.fao.org/3/V6640S/v6640s02.htm>
- (24) <https://www.agro.basf.es/es/Camposcopio/Secciones/Tratamientos/Apostar-por-la-rotacion-de-cultivos/>
- (25) <http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/415583/>
- (26) Guzmán G. y Alonso A. (2008) Buenas prácticas en producción ecológica. Abonos verdes. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- (27) http://www.agriculturadeconservacion.org/images/descargas/Fichas_Tecnicas/fichacubiertas.pdf
- (28) http://www.agriculturadeconservacion.org/images/descargas/Fichas_Tecnicas/fichaintroduccion.pdf
- (29) Mao, L., et al., 2015. Resource use efficiency, ecological intensification and sustainability of intercropping systems. *Journal of Integrative Agriculture* 14, 1542–1550.
- (30) Hijri, I., et al., 2006. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in arable soils are not necessarily low in diversity. *Mol. Ecol.* 15, 2277–2289.
- (31) Jiao, H., et al., 2011. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in greenhouse soils continuously planted to watermelon in North China. *Mycorrhiza* 21, 681–688
- (32) Lin, B., 2011. Resilience in agriculture through crop diversification: Adaptive management for environmental change. *Bioscience* 61, 183–193.
- (33) Franco J.G., et al., 2015. Plant functional diversity improves shortterm yields in a low-input intercropping system. *Agric. Ecosyst. Environ.* 203, 1–10.
- (34) Demir, H., Polat, E., 2011. Effects of broccoli-crispy salad intercropping on yield and quality under greenhouse conditions. *Afr. J. Agr. Res.* 6, 4116-4121.
- (35) Yildirim, E., Guvenc, I., 2005. Intercropping based on cauliflower: more productive, profitable and highly sustainable. *Eur. J. Agron.* 22, 11-18.
- (36) Monti, M., et al., 2016. Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crop. Res.* 196, 379–388.
- (37) Hu, F., et al., 2016. Intercropping maize and wheat with conservation agriculture principles improves water harvesting and reduces carbon emissions in dry areas. *Eur. J. Agron.* 74, 9–17
- (38) Coll, L., et al., 2012. Capture and use of water and radiation in summer intercrops in the south-east Pampas of Argentina. *Field Crop. Res.* 134, 105-113.
- (39) Holland, J., Fahring, F., 2000. Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: A landscape-scale analysis, *Agric. Ecosyst Environ* 78, 115-122.
- (40) Lopes T., et al., 2012. Pest regulation and support of natural enemies in agriculture: Experimental evidence of within field wildflower strips. *Ecol. Eng.* 98, 240-245.
- (41) Gurr, G. M., et al., 2012. Biodiversity and insect pests: key issues for sustainable management. John Wiley & Sons.
- (42) Brennan, E.B., 2016. Agronomy of strip intercropping broccoli with alyssum for biological control of aphids. *Bio. Control* 97, 109-119.
- (43) Fernandez-Pascual M. y De Felipe N. (2002) Fijación biológica de nitrógeno: factores limitantes. *Ciencia y Medio Ambiente – CCMA-CSIC*
- (44) https://www.unavarra.es/herbario/leguminosas/htm/simbiosis_L.htm
- (45) Jamont, M., et al., 2013. Sharing N resources in the early growth of rapeseed intercropped with faba bean: does N transfer matter? *Plant Soil* 371, 641–653.
- (46) Brooker et al., 2015. Improving intercropping: a synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytol* 206, 107-117.
- (47) Sierra, J., Motisi, N., 2012. Shift in C and N humification during legume litter decomposition in an acid tropical Ferralsol. *Soil Res.* 50, 380–389
- (48) Moreno-Cornejo, J., et al., 2013. Effects of pepper crop residues and inorganic fertilizers on soil properties relevant to carbon cycling and broccoli production. *Soil Use Manage.* 29, 519-530.
- (49) Jeuffroy, M.-H., Ney, B., 1997. Crop physiology and productivity. *Field Crops Res.* 53, 3–16.
- (50) Estadística Agraria de Murcia 2018 – 2019. Superficie ocupada por cultivos con riego localizado (ha). Serie histórica. Distribución de la tierra y estructura ganadera. Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente. Región de Murcia, 70-71.
- (51) <https://www.crcs.es/informacion-general/informacion-c-r-c-c/>
- (52) Estadística Agraria de Murcia 2018 – 2019. Datos climatológicos de Murcia. Decenio 2009-2018. Territorio y Climatología Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente. Región de Murcia, 33.
- (53) Estadística Agraria de Murcia 2018 – 2019. Superficie ocupada por cultivos con riego localizado (ha) 2018. Distribución de la tierra y estructura ganadera Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente. Región de Murcia, 66-67.

- (54) Alarcón, A. L y Fuentes S. (2016). Cultivos hortícolas al aire libre. Melón. Serie Agricultura. Cajamar Caja Rural, pp. 576-580
- (55) Japón J.,1982. Cultivo de melón y sandía. Ministerio de Agricultura y Pesca. Hojas Divulgativas nº23-24/81HD.
- (56) https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tradicionales/melon.htm
- (57) Abarca R. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de melón. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín INIA/Nº01. INIA-INDAP, Santiago, pp. 16-19.
- (58) Gil S., Gonzalo F. 2001. Fruticultura. Madurez de la fruta y manejo poscosecha. Fruta de climas templado y subtropical y uva de vino. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile, p408.
- (59) https://www.mapa.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-diferenciada/dop-igp/frutas/Melon_Torre_Pacheco_Murcia.aspx
- (60) Pinto D. A (2020) Beans (*Vigna unguiculata* and *Phaesusuohusvulgaris*) as an alternative for agricultural diversification in Yopal Cassanare. Informe final de grado. Universidad de la Salle Facultad de Ciencias Agropecuarias. El Yopal. Pp 13-15
- (61) https://es.wikipedia.org/wiki/Vigna_unguiculata
- (62) http://www.plantasyhongos.es/herbarium/htm/Vigna_unguiculata.htm
- (63) <http://herbarivirtual.uib.es/es/general/1374/especie/vigna-unguiculata-l-walp->
- (64) https://www.planetahuerto.es/revista/cultivo-de-la-judia_00188
- (65) <https://www.infoagro.com/hortalizas/judia.htm>
- (66) https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/docs/jverde_invernadero_MAPA.pdf
- (67) <https://www.mapa.gob.es/app/MaterialVegetal/docs/ITGA.pdf>
- (68) https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2017/Informe_Legumbres_Nutricio_n_Salud.pdf
- (69) <http://www.tomasferro.upct.es>
- (70) <https://sigpac.mapa.gob.es/fega/visor/html/consultas.html>
- (71) RD 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- (72) Porta, Jaime. 1986. Col.Legi Oficial D'enginyers Aronoms de Catalunya TECNICAS Y EXPERIMENTOS EN EDAFOLOGIA.
- (73) Keeney, D.R., Nelson, D.W., 1982. Nitrogen-Inorganic forms. In: Methods of soil analysis (Page, A.L. et al.Ed.) Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI. 643–698.
- (74) Díez, J.A., 1982. Consideraciones sobre la utilización de la técnica extractiva de Burriel-Hernando para la evaluación de fósforo asimilable en suelos. Anal. Edaf. Agrobiol. 41: 1345-1353.
- (75) Jorge Álvaro-Fuentes, DénesLóczy, Sören Thiele-Bruhn, & Raúl Zornoza. (2019). Handbook of plant and soil analysis for agricultural systems (Version 1.0). Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.2553445>.
- (76) <https://www.convenioscolectivos.net/wp-content/uploads/securepdfs/2018/04/tab18forestmurcia.pdf>
- (77) <https://orgavita.es/>